

Neue Bezeichnung: INSTITUT FÜR BAUSTOFFE, MASSIVBAU UND BRANDSCHUTZ

INSTITUT FÜR BAUSTOFFKUNDE UND STAHLBETONBAU

DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

DIREKTOREN: PROF. DR.-ING. K. KORDINA · PROF. DR.-ING. F. S. ROSTASY

30-0012/00

1 Beilage

Möglichkeiten einer nachträglichen Beurteilung
der in einem Betonbauteil während eines Schadenfeuers
aufgetretenen Temperaturen

Bericht

erstattet von

Dr.-Ing. Ataman Haksever

Dipl.-Ing. Lore Krampf

Dezember 1980

*Temperaturmüll
nach
Feldversuch
Feldversuch*

Die Arbeiten wurden im Auftrage des Bundesministers für Raum-
ordnung, Bauwesen und Städtebau (Az. B I 7 -81 07 05 - 273)
durchgeführt.

Postsendungen:
Beethovenstraße 52, 3300 Braunschweig
Erfüllungsort und Gerichtsstand Braunschweig

Fernsprecher: (05 31) 391 22 81

Fernschreiber: 9 52 698 lbstb d
Telegrammadresse: MPA Braunschweig

Zur Vermeidung von Verzögerungen wird dringend gebeten, Zuschriften nur an das Institut zu richten, nicht aber an einzelne Mitarbeiter.

I n h a l t

	Seite
1. <u>Allgemeines; Zweck der Untersuchungen</u>	1
2. <u>Indizien auf der Schadenstelle</u>	2
2.1 Brandlast.....	2
2.2 Ausbaumaterial.....	3
2.3 Betonkonstruktionen.....	13
2.4 Beobachtungen während des Brandes.....	20
3. <u>Thermodynamische Grundlagen zur Ermittlung der</u> <u>Erwärmung von Betonquerschnitten bei Schadenfeuern</u>	21
3.1 Brandverlauf bei natürlichen Bränden.....	21
3.2 Grundlagen der Temperaturfeld-Berechnungen.....	25
3.3 Wärmeübergangsbedingungen bei natürlichen Bränden..	27
4. <u>Temperaturfelder der Stahlbetonquerschnitte</u>	29
4.1 Temperaturfelder für allseitige Beflammung aus Versuchen in Metz.....	30
4.2 Temperaturfelder aus Großversuchen in Lehrte.....	31
4.2.1 Temperaturfelder für allseitige Beflammung.....	31
4.2.2 Temperaturfelder für dreiseitige Beflammung.....	32
5. <u>Schäden, Wiederverwendbarkeit</u>	33
5.1 Beton.....	33
5.2 Stahl.....	34
5.3 Verbund.....	36
5.4 Vorspannung.....	37
5.5 Chemische Einflüsse.....	38
5.6 Abplatzungen, Zermürbung, Risse, Verformungen.....	38
6. <u>Zusammenfassung</u>	39
7. <u>Literatur</u>	41
8. <u>Anhang</u>	44

1. Allgemeines, Zweck der Untersuchungen

Im Interesse der Erhaltung wertvoller Bausubstanz - sowohl für deren Eigentümer wie auch für die Allgemeinheit - ist es erforderlich, nicht nur einen optimalen Brandschutz anzustreben, sondern auch nach einem Schadenfeuer den Erhaltungszustand und die mögliche Wiederverwendbarkeit des betroffenen Gebäudes oder seiner Teile sorgfältig zu untersuchen und zu beurteilen, um danach unter Umständen weitreichende Entscheidungen zu treffen.

Selbstverständlich geht bei solcher Beurteilung immer Sicherheit vor Wirtschaftlichkeit, und es ist verständlich, daß Bauaufsicht oder beratende Ingenieure manchmal übervorsichtig vorgehen oder sich gar außerstande sehen, eine Konstruktion als wiederverwendbar - ggf. nach Sanierung - zu erklären, da ihnen Beurteilungskriterien fehlen.

Die hier vorgelegte Forschungsarbeit soll Unterlagen liefern, mit denen eine Abschätzung der Erwärmung möglich ist, der ein Stahlbeton- oder Spannbetonbauteil während eines Schadenfeuers unterworfen wurde.

Besonders in Fällen vergleichsweise geringer Wärmebeaufschlagung dürfte damit eine Entscheidung über eventuelle Sanierungsmaßnahmen bereits getroffen werden können, ohne eingehende theoretisch-rechnerische Nachweise zu erbringen.

Zunächst wird eine Zusammenstellung der auf Brandstellen häufig anzutreffenden Umstände, Reste, Brandprodukte, usw. angeboten, die Hinweise auf die Brandintensität geben können. Manchmal wird die Auswertung solcher Indizien schon für eine grundsätzliche Entscheidung über die Wiederverwendbarkeit ausreichen.

Ein weiterer Teil der vorliegenden Arbeit liefert für ausgewählte Betonquerschnitte Temperaturfelder, die bei Schadenfeuern unterschiedlicher Intensität zu erwarten sind. Dabei wurde auf Untersuchungsergebnisse aus Frankreich [3] und Deutschland [7] zurückgegriffen.

Zur Entscheidungshilfe werden der Arbeit kurzgefaßte Informationen über bleibende Veränderungen der Baustoffe und Bauteile infolge Temperatureinwirkung angefügt.

2. Indizien auf der Schadenstelle

Nach einem Schadenfeuer, dem die Rohbaukonstruktion so gut standgehalten hat, daß eine Wiederverwendbarkeit möglich scheint, sollte die Brandstelle zur "Spurensicherung", sobald das ohne Gefahr möglich ist, besichtigt werden. Wertvolle Indizien, die zur Ermittlung der Brandintensität mit herangezogen werden können, werden i.a. bei den Aufräumarbeiten beseitigt. Vorher aber läßt sich häufig durch Augenschein schon eine grobe Abschätzung vornehmen. Stets muß man sich dabei bewußt sein, daß erst die Summe der beobachteten Phänomene - zusammen mit entsprechenden Überlegungen und ggf. rechnerischen Untersuchungen - zu einer sicheren Beurteilung führen kann.

Bei vergleichsweise geringer Wärmebeaufschlagung, d.h. auch geringer Schädigung der Konstruktion, wird häufig schon der folgende "Indizienkatalog" ausreichen, ggf. ergänzt durch einige Festigkeitsproben mittels Schmidthammer an der Konstruktion, ein Bauwerk zur Wiederverwendung freizugeben.

In Zweifelsfällen oder wenn die Indizien höhere Brandbeanspruchung und damit größere Schäden signalisieren, müssen selbstverständlich intensivere Untersuchungen folgen, denen die Informationen der Abschnitte 3 und 4 zugrundegelegt werden können.

2.1 Brandlast

Häufig verbrennt das brennbare Gut während eines Feuers nicht völlig, gehindert durch Sauerstoffmangel oder das Eingreifen der Feuerwehr. Aufzeichnungen über Art und Menge der unverbrannten Reste und ihre Lage innerhalb der Räume erleichtern Rekonstruktionen des Brandverlaufs, wie sie unter Pkt. 3 dargestellt sind.

2.2 Ausbaumaterial

Wenn Holzteile, deren ursprünglicher Querschnitt noch zu rekonstruieren ist, in der Nähe der zu beurteilenden Betonbauteile angetroffen werden, ist die Abbrand-(Verkohlungs-)Tiefe ein Indiz für die Temperatur, die in der Umgebung geherrscht hat (vergl. [12]). Bild 2.1 zeigt Verkohlungstiefen, die bei Normbrand-Versuchen gemäß DIN 4102 an Holzbauteilen festgestellt wurden, die unmittelbar nach dem Ende des Versuchs abgelöscht wurden.

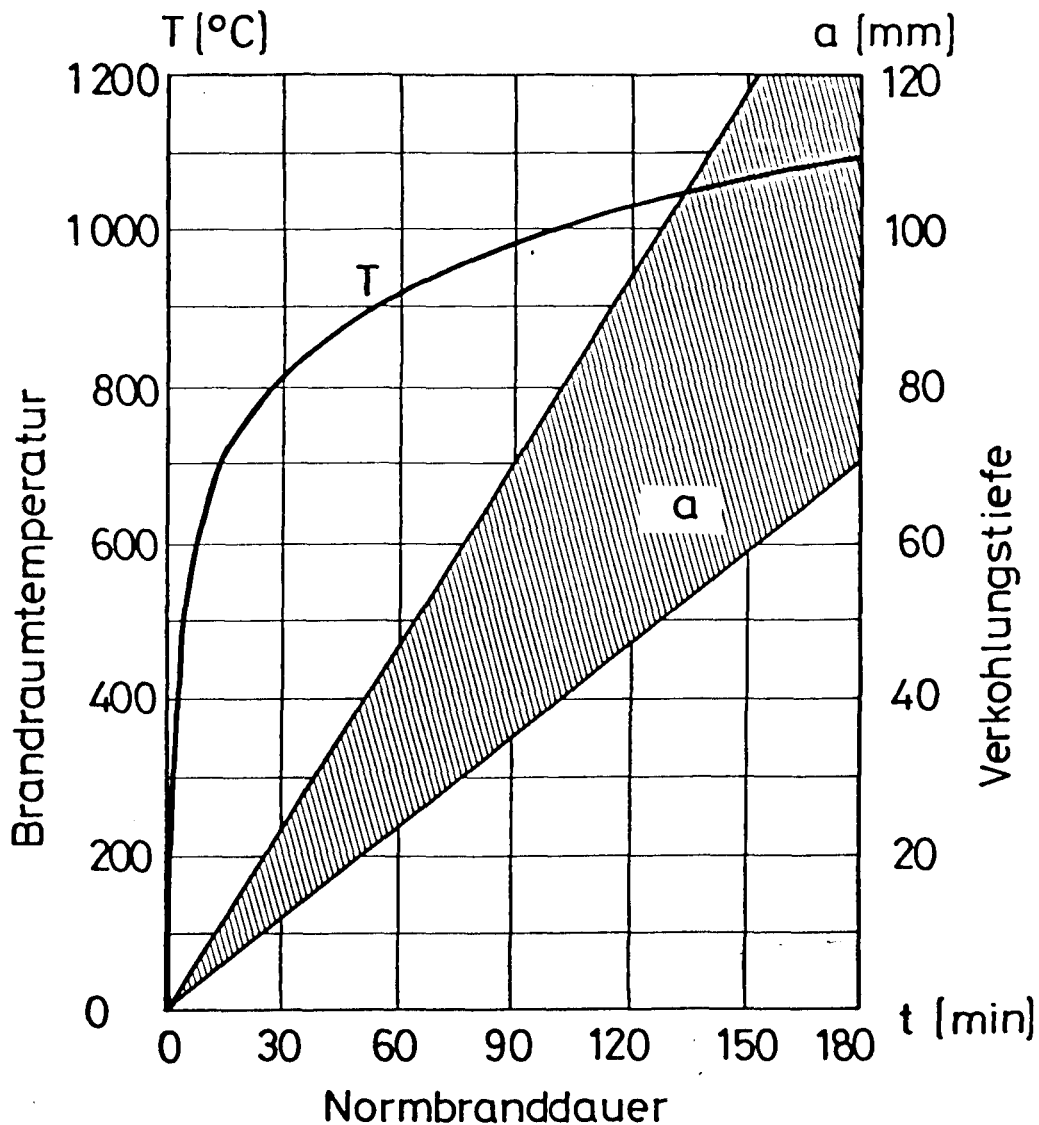


Bild 2.1: Abbrand-(Verkohlungs-)Tiefe bei Bauholzquerschnitten unter Normbrandbeanspruchung

Der Streubereich ist verständlicherweise groß, da die Beschaffenheit der Holzquerschnitte, Äste, Risse, Feuchte, usw. Einfluß auf

die Abbrandgeschwindigkeit haben. Hartholz liegt immer an der unteren Grenze des Streubereichs, wobei in das offenporige Eichenholz die Verkohlung etwas schneller eindringt als in die geschlossensorige Buche.

Theoretisch ist die Abbrandgeschwindigkeit, d.h. die Geschwindigkeit, mit der die Verkohlung von der Querschnittsoberfläche des Holzes nach innen fortschreitet, bei Normbrandbedingungen nicht gleichzusetzen mit der, die bei Schadenfeuern zu erwarten ist. Eine ganze Reihe von Faktoren beeinflussen den Prozeß. Für den hier vorliegenden Zweck ist es jedoch erlaubt, aus der festgestellten Verkohlungstiefe unter Verwendung des Diagramms des Bildes 2.1 unmittelbar auf die im Brandraum nahe der Probe aufgetretene Maximaltemperatur zu schließen.

Wegen der genannten Faktoren, die die große Streuung der Abbrandgeschwindigkeit hervorrufen, kann nicht empfohlen werden, auf theoretisch-rechnerischem Wege genauere Ermittlungen über dem Normbrand äquivalente Einwirkungen des wirklichen Feuers auf die angetroffenen Holzquerschnitte anzustellen.

Bei der groben Abschätzung der Umgebungstemperatur wird nicht erfaßt, daß das Holz i.a. auch in der Abkühlphase des Brandes weiter verkohlt. Diese Vernachlässigung führt dazu, daß die Maximaltemperatur zu hoch eingeschätzt wird, liegt also auf der sicheren Seite für die weiteren Schlüsse.

Von Leichtmetallen werden am Bau vorwiegend Aluminium und seine Legierungen verwendet. Schmelzen sind nach einem Brand häufig zu finden (Bild 2.2). Mit Temperaturen von mindestens 650°C im Material bei näherungsweise $700 - 750^{\circ}\text{C}$ in seiner Umgebung (Brandraum) muß dann gerechnet werden. Wurden helle, bläuliche Flammen an nackten Alu-Profilen beobachtet, deutet das nicht auf hohe Temperaturen. Das in den Legierungen enthaltene Magnesium verbrennt bereits während des Schmelzvorgangs des Aluminiums.

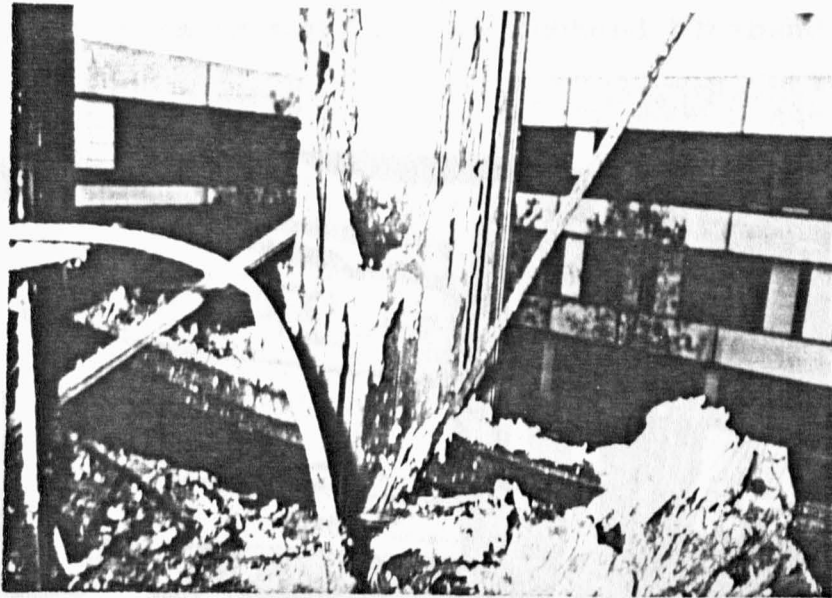


Bild 2.2: Geschmolzene Reste von Leichtmetallkonstruktionen -
Fensterrahmen, Jalousie, Bekleidung

Der Schmelzpunkt von Kupfer beträgt 1084°C . Bei Kupferkabeln schmilzt und brennt zunächst, schon bei Temperaturen von weniger als 300°C , die Kunststoffisolierung, die in der Mehrzahl der Fälle aus PVC besteht, ab. Die metallische Oberfläche der Kupferseele überzieht sich dann mit schwarzem Oxid, das schnell tiefer in das Metall wandert und gleichzeitig, ab $\sim 800^{\circ}\text{C}$, an der Oberfläche grüne Flammen zeigt. Reste solcher Kabel oder auch Rohre sind wegen ihrer schwarz-grauen Farbe ohne metallischen Glanz im Brandschutt leicht zu übersehen. Findet man sie aber und stellt fest, daß sie beim Hin- und Herbiegen spröde brechen statt sich zu verfestigen, muß angenommen werden, daß sie Temperaturen ausgesetzt waren, die nicht weit unter der Schmelztemperatur lagen.

Sowohl Stahlbauteile wie auch Einbauteile, Tragkonstruktionen von Unterdecken, Blechdecken, Regale, Stahlschränke, usw. können Beurteilungshinweise liefern.

Die Materialeigenschaften von Stahl, insbesondere die Festigkeit, werden durch erhöhte Temperatur beeinflusst. Wenn Stahlkonstruktions-
teile unter mechanischer Beanspruchung ihre sog. "kritische Temperatur"

erreichen, versagen sie nach vorheriger extremer Verformung (Bild 2.3). Diese Verformung ist weitgehend bleibend und kann häufig

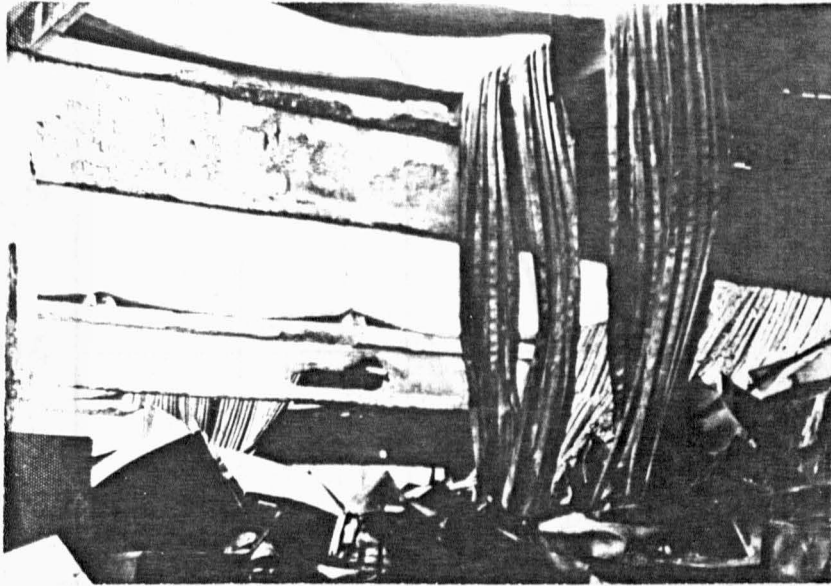


Bild 2.3: Bei einem Schadenfeuer hat das Stahl-Trapezdach seine "kritische Temperatur" überschritten und versagt; die Betonkonstruktion weist Schäden auf, die durch Abplatzungen entstanden sind.

mit zur Beurteilung herangezogen werden. Die kritische Temperatur ist abhängig von der Spannungsausnutzung; ihren Verlauf für übliche Baustähle zeigt Bild 2.4. Das Diagramm gilt annähernd auch für Betonstähle, nicht aber für Spannstähle, und der Kurvenverlauf darf nicht mit der Stahl-Restfestigkeit nach dem Wiedererkalten gleichgesetzt werden.

Die Kenntnis der mutmaßlichen mechanischen Beanspruchung während des Brandes ist also wichtig, wenn aus verformten oder auch weitgehend unverformten Stahlteilen Schlüsse gezogen werden sollen. Handelt es sich bei den betrachteten Stahlteilen um ursprünglich nackte, d.h. nicht gegen Wärmeangriff isolierte Elemente, kann aus der nach Bild 2.4 geschätzten Materialtemperatur auf die Umgebungs-(Brandraum-)Temperatur geschlossen werden, indem man diese um 100°C höher ansetzt. Der Ansatz ist zwar keineswegs exakt, genügt aber für die hier mögliche grobe Abschätzung und liegt auf der sicheren Seite.

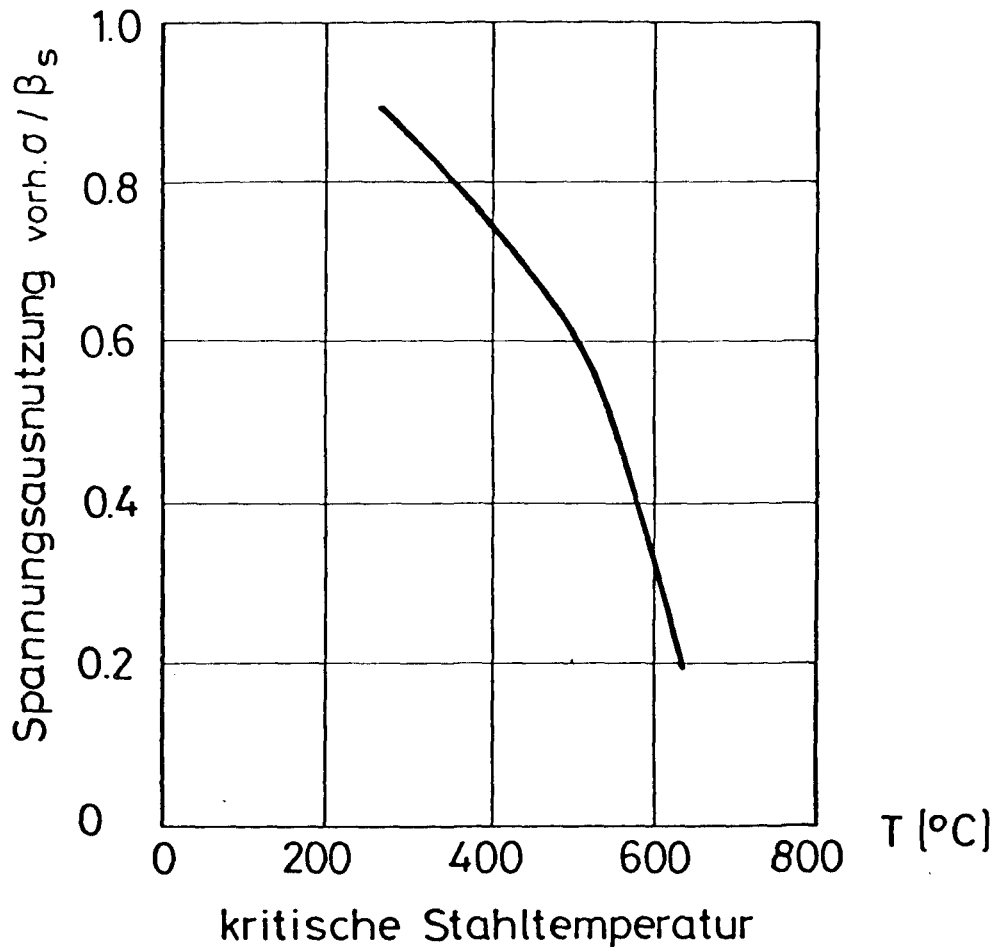


Bild 2.4: kritische (Versagens-)Temperatur von Bau- und Betonstahl in Abhängigkeit von der Spannungsausnutzung

Aus Anlauffarben, die Stahlteile gelegentlich zeigen, kann auf ihre Erwärmung geschlossen werden; Blaufärbung zeigt vorher erreichte Temperaturen von 300 - 400°C. Bei höheren Temperaturen verschwindet die Blaufärbung wieder.

Verzunderung der Walzhaut von Stahlprofilen kann bereits bei rd. 500°C auftreten. Sie ist stark abhängig von der Dauer der Temperatureinwirkung und sollte deshalb normalerweise nicht als Indiz herangezogen werden. Wichtig ist jedoch zu wissen, daß bei ange- troffener Verzunderung nicht unbedingt auf extrem hohe Temperaturen geschlossen werden muß.

Wenn über gelblich-grünliche Flammenbildung an verzinkten Stahloberflächen berichtet wird, ist anzunehmen, daß die Verzinkung bei $\sim 800^{\circ}\text{C}$ Materialtemperatur, entsprechend $\sim 900^{\circ}\text{C}$ Umgebungs-(Brandraum-)Temperatur abgebrannt ist.

Eisenschmelzen (Schmelzpunkt = 1535°C) dürften in brandgeschädigten, sanierungswürdigen Bauwerken nicht zu finden sein.

Normale Glasscheiben pflegen während eines Brandes frühzeitig zu zerspringen. Es erscheint jedoch nicht zulässig, aus einer einzelnen unversehrt angetroffenen Scheibe Schlüsse auf besonders niedrige Temperaturen zu ziehen. Bei ganzen Gruppen nicht zerborstener Flachglasscheiben kann aber gefolgert werden, daß die Temperatur in ihrer Umgebung $\sim 400 - 500^{\circ}\text{C}$ nicht überschritten hat.

Drahtglasscheiben, die nur Sprünge aufweisen, dürften Temperaturen von nicht mehr als $\sim 600^{\circ}\text{C}$ ausgesetzt gewesen sein. Werden sie wellig angetroffen und haben sich aus ihrer Randbefestigung teilweise herausgezogen, werden aber noch im Rahmen gehalten, kann man auf Temperaturen von $\sim 900^{\circ}\text{C}$ schließen.

Der Schmelzpunkt üblicher Silikatgläser beträgt $\sim 1000^{\circ}\text{C}$ und weniger.

Bei Spezial-Brandschutzverglasungen liegen die entsprechenden Werte erheblich höher. Sie können hier nicht angegeben werden, da sich die Fabrikate recht unterschiedlich verhalten.

Leichtbauteile wie Trennwände oder Unterdecken werden häufig vom Brand in Mitleidenschaft gezogen, bleiben aber noch in ihrer Position. Der Durchbrand von Plattenmaterial, das i.a. als Bekleidung für solche Konstruktionen verwendet wird, kann zusätzliche Hinweise auf die Brandbeanspruchung geben [16]. Die in Bild 2.5 gezeigten Kurven stellen in Abhängigkeit von der jeweiligen Plattendicke sowohl den ersten Durchbrand an Rissen und Fugen (" a_1 ") wie die völlige Zerstörung der Bekleidung, d.h. das teilweise oder ganze Abfallen der Bauplatten von der Unterkonstruktion (" a_2 ") dar. Die

Streubereiche sind relativ groß, da ursprünglicher Feuchtegehalt, Fugen, Unterkonstruktion und schließlich die fabrikat-spezifischen Materialeigenschaften von Einfluß sind.

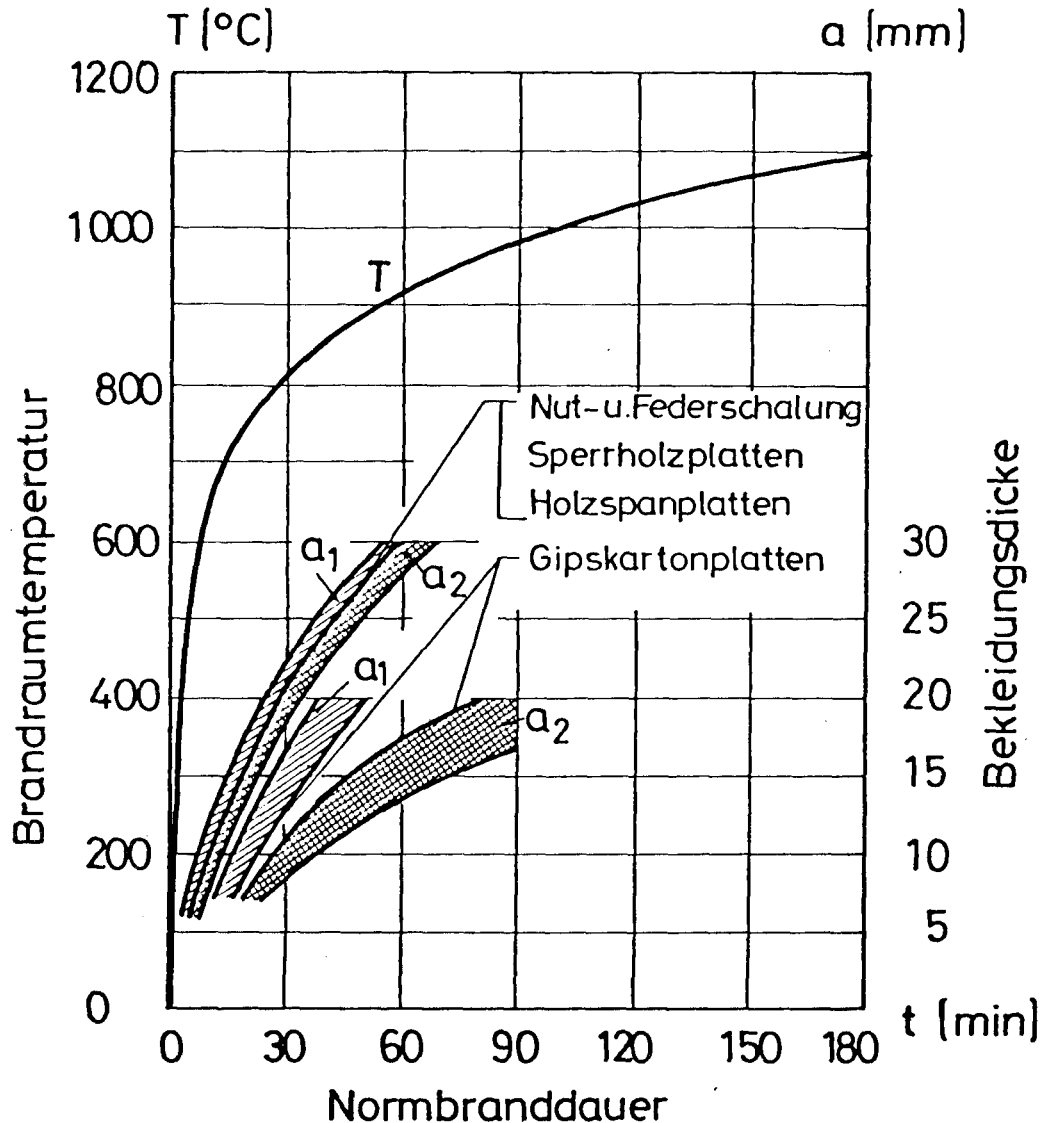


Bild 2.5: Durchbrand von Bauplatten aus Holzwerkstoffen oder Gips unter Normbrandbedingungen (a_1 - Durchbrand an Rissen und Fugen; a_2 - völlige Zerstörung)

Aus der Beschaffenheit von Putz, der Schäden aufweist, Rückschlüsse auf die Wärmebeanspruchung zu ziehen, ist insbesondere deshalb schwierig, weil selten Referenzproben ungeschädigten Materials zur Verfügung stehen. Trifft man dagegen auf Putzflächen, die nach

Aussehen und Festigkeit relativ gut erhalten sind, kann eine Temperaturabschätzung mit Hilfe des Bildes 2.14 getroffen werden, das für Betone gilt (s. weiter unten). Die Festigkeit von Gipsputzen nimmt allerdings bei Wärmeeinwirkung sehr viel schneller ab, da der Gips bereits unterhalb $\sim 100^{\circ}\text{C}$ völlig entwässert und eine Zermürbung des Putzes eintritt.

Oft fällt während eines Brandes der Deckenputz großflächig ab. Werden solche Fälle angetroffen, braucht daraus jedoch nicht auf besonders hohe Temperaturen geschlossen zu werden, da das Abplatzen schon in frühen Brandstadien geschehen kann. Andererseits können besonders ältere Putze, die mit einem guten Spritzbewurf aufgebracht wurden, hohe Brandbeanspruchung überstehen, ohne sich vom Untergrund zu lösen.

Steine und Platten aus Gasbeton erfahren mit steigender Temperatur eine Zermürbung, die auch optisch durch Verfärbung und Aufreißen des Materials zu erkennen ist: Die dem Brand zugekehrte randnahe Zone wird heller, verfärbt sich häufig rosa und bildet netzartige Risse (Bild 2.6). Aus der Rißtiefe können vage Schlüsse auf die

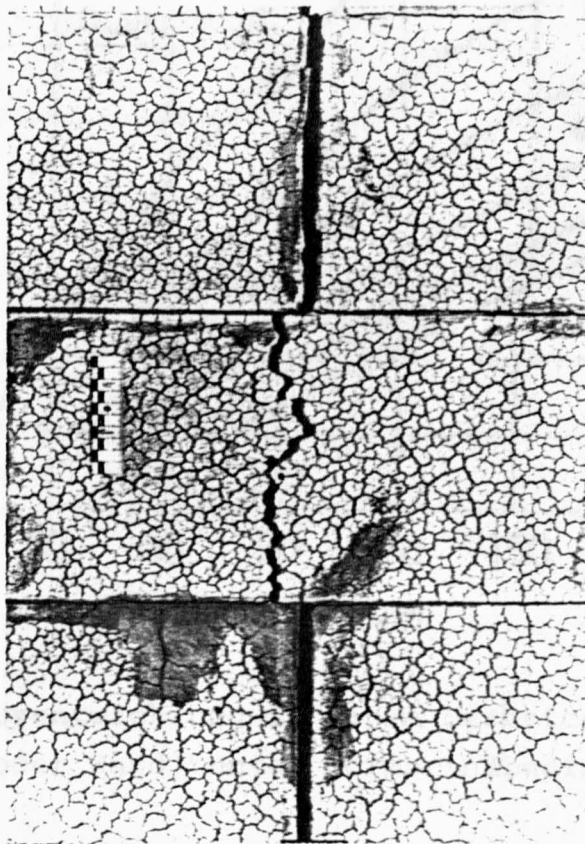


Bild 2.6: Ausschnitt aus einer Gasbeton-Planblocksteinwand nach 180 min Normbrandbeanspruchung (Brandraumtemperatur rd. 1100°C); der Riß in Fugenrichtung stammt von einer Stoßbeanspruchung.

Brandentwicklung gezogen werden. Unbekleidete Gasbetonelemente weisen bei rd. 1000°C Umgebungstemperatur etwa 20 mm tiefe Risse auf.

Entsprechend der Zermürbung tritt auch ein Festigkeitsverlust des Materials ein. Gezielte Untersuchungen über Restfestigkeiten von vorher erwärmtem Gasbeton liegen allerdings noch nicht vor; als grober Anhalt kann angenommen werden: 80 % der Ausgangsfestigkeit entspricht einer Erwärmung auf mehr als 400°C , 50 % der Ausgangsfestigkeit entspricht mehr als 600°C [17].

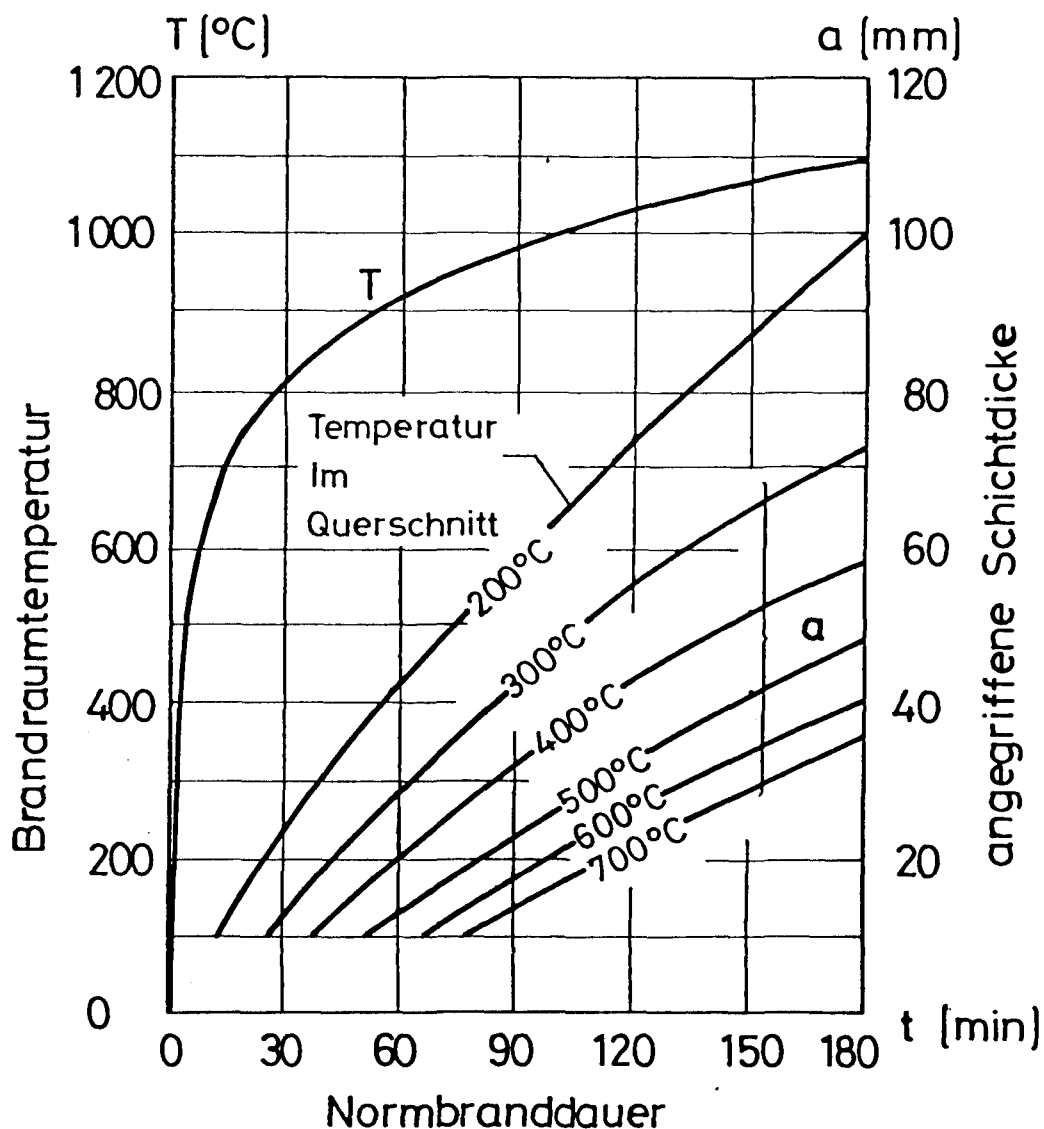


Bild 2.7: Temperaturentwicklung in einem Gasbetonelement (Platte oder Wand) unter Normbrandbedingungen

Bild 2.7 zeigt den Temperaturverlauf in Gasbetonwänden, wie er bei Normbrandversuchen gemäß DIN 4102 gemessen wurde. Bei wirklichen Schadenfeuern ist die Temperaturfeldentwicklung in Gasbetonquerschnitten zwar nicht mit der unter Normbrandbedingungen gleichzusetzen. Das soll durch Bild 2.8 anschaulich gemacht werden,

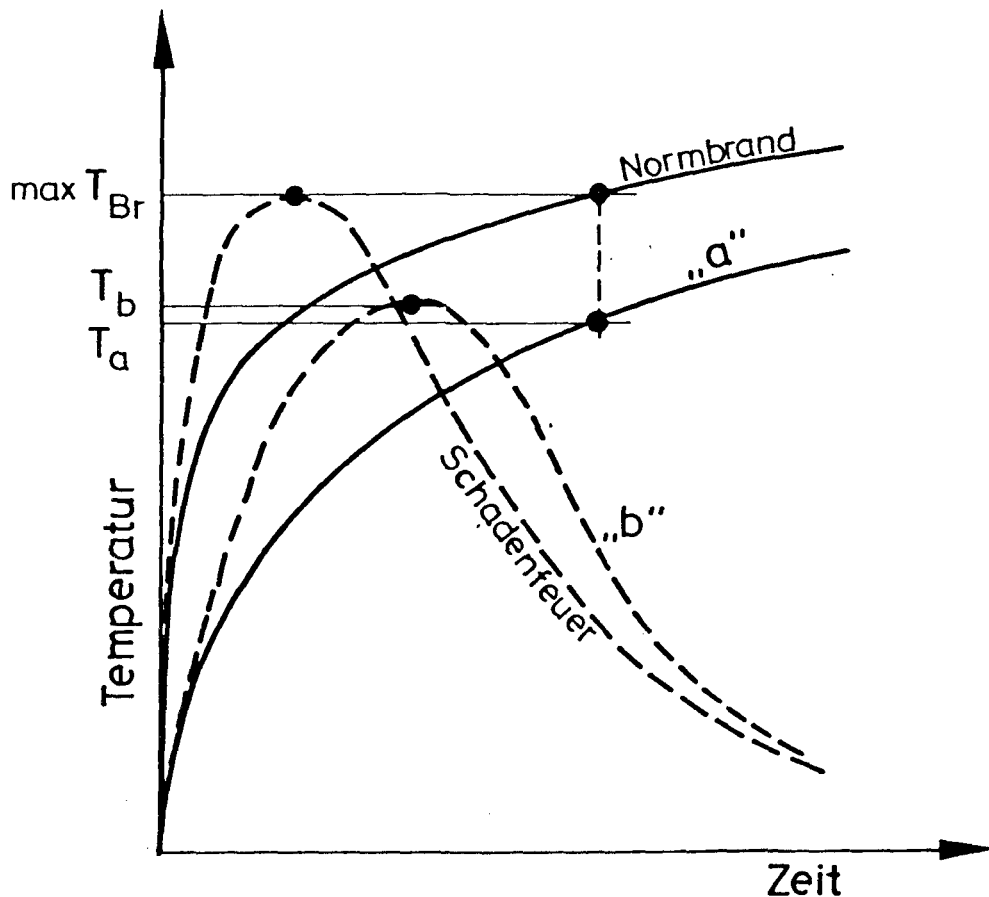


Bild 2.8: Temperaturverlauf in einem Punkt eines massiven Querschnitts unter Normbrandbedingungen (a) und bei einem davon abweichenden Brandverlauf (b)

in dem der Temperaturverlauf im Brandraum beim o.g. Normbrand und bei einem typischen Schadenfeuer dargestellt ist. Kurve "a" gibt die Temperaturentwicklung eines angenommenen Punktes im Bauteilquerschnitt (Gasbeton oder sonstiges massives Material) wieder. Sie steigt stetig entsprechend der Umgebungstemperatur an. Kurve "b" zeigt die Temperaturentwicklung in demselben gedachten Querschnittspunkt beim Schadenfeuer. Nachdem das Temperaturmaximum in der Umgebung bereits überschritten ist, kann die Temperatur im

Bauteil weiter ansteigen, da der Wärmefluß weiter von außen nach innen geht. Das erreichte Maximum T_b muß nicht der bei gleicher Umgebungstemperatur T_{Br} erreichten Querschnittstemperatur T_a beim Normbrand gleich sein.

Für den hier verfolgten Zweck einer Abschätzung muß jedoch genügen, mit dem Schmidthammer oder ähnlichem Gerät ermittelte Restfestigkeiten in Beziehung zu setzen zu Temperaturen, die in der entsprechenden Schicht aufgetreten sein können, und dann auf die im Brandraum nahe der Probe aufgetretene Maximaltemperatur zu schließen ($\max. T \sim T_{\text{Normbrand}}$).

2.3 Betonkonstruktion

Der Verformungszustand der Stahlbeton- und Spannbetonbauteile nach einem Brand vermittelt einen guten allgemeinen Eindruck über die Intensität der Brandbeanspruchung. Die nach dem Erkalten verbleibende Verformung (Durchbiegung) hängt aber von so vielen Einflüssen ab, daß vor direkten Schlüssen auf die aufgetretene Temperatur gewarnt werden muß. Nicht nur die Charakteristika der Ausgangsmaterialien, sondern auch das statische System und die während des Brandes aktuelle mechanische Beanspruchung sind neben anderem maßgebend.

Sind vom Brand betroffene Bauteiloberflächen mit Ruß bedeckt, kann auf relativ niedrige Brandraumtemperatur geschlossen werden, denn oberhalb rd. 800°C brennt Ruß schnell ab und hinterläßt keine Spuren (Bild 2.9). Selbstverständlich ist nicht auszuschließen, daß Verrußung auch in der Abkühlphase des Brandes eintreten kann. Doch das ist an der Beschaffenheit der Betonoberfläche meistens ohne Schwierigkeit festzustellen.

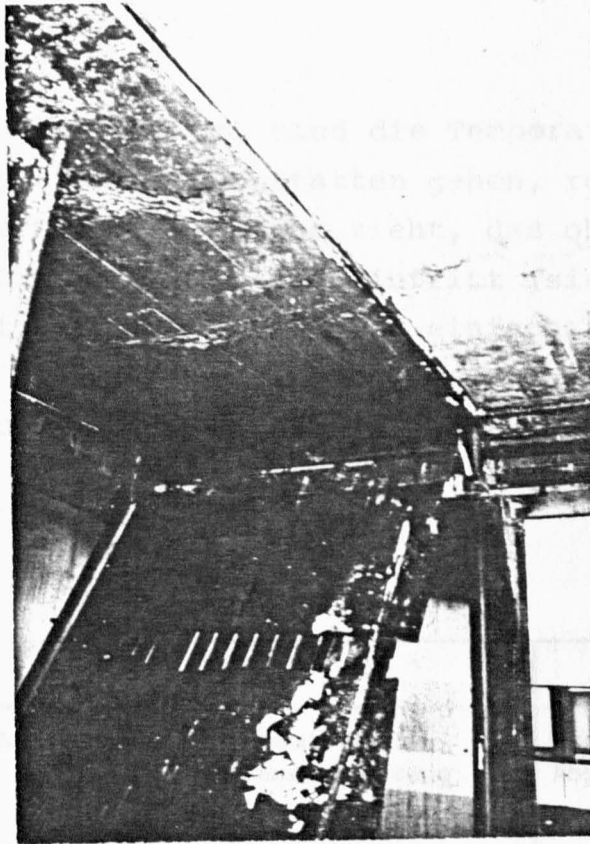


Bild 2.9: Bei einem Schadenfeuer hat ein Teil (links) einer Unterdecke lange standgehalten. Nachdem er versagte, wurde der Raum, den er geschützt hatte, nur noch von relativ niedriger Temperatur beansprucht; an der Rohdecke lagerte sich Ruß ab. Der Deckenteil rechts daneben war dem Feuerangriff ungeschützt ausgesetzt.

Kunststoffabstandhalter, die in Deckenspiegeln oder Balkenunterseiten Löcher hinterlassen haben, dürften bei rd. 300°C herausgeschmolzen oder brennend abgetropft sein. Schon eine dünne Schicht Zementstein (Schlämme) sorgt aber in den meisten Fällen dafür, daß die Abstandhalter nicht herausschmelzen.

Bestimmte Zuschlagstoffe setzen durch physiko-chemische Umwandlungen unter Wärmeeinfluß plötzlich Wasser oder Gase frei, wodurch relativ dichte Körner zerplatzen können und häufig einen kleinen Bereich ihrer Umgebung aus der Betonoberfläche mit heraussprengen.

Solche Erscheinungen (Zuschlagstoff-Abplatzungen) beschränken sich auf die Bauteiloberflächen; in tieferen Zonen sind sie nie beobachtet worden.

Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, sind die Temperaturbereiche, in denen Zuschlagstoff-Abplatzungen vonstatten gehen, recht unterschiedlich [17]. Wenn man jedoch in Betracht zieht, daß oberhalb $\sim 600^{\circ}\text{C}$ eine weitgehende Zermürbung des Betons eintritt (siehe weiter unten), ist eine Temperaturabgrenzung relativ einfach. Erscheinungsbilder, wie die auf Bild 2.10 und 2.11 gezeigten, können nur den jeweils unteren Temperaturbereichen (Zeile 1 und Zeile 3 oben) zugeordnet werden.

Tabelle 1:

	1	2	3	4
	Zuschlagstoff-Art	Chemische Zusammensetzung	Ursachen für Abplatzungen	Temperaturbereich bei Abplatzungen $^{\circ}\text{C}$
1	Sandsteine spezieller Zusammensetzung	SiO_2 mit Einschlüssen von Fe OOH	H_2O	260 - 350
2	Sandsteine spezieller Zusammensetzung	SiO_2 mit Einschlüssen von Fe_2O_3 , Cu , CaCO_3	CO , CO_2	≥ 900
3	Feuersteine	SiO_2 mit opalartig gebundenem Wasser, C und CaCO_3	H_2O CO , CO_2	≥ 150 ≥ 900
4	verwitterte Feldspäte	$\text{Al}_4\text{OH}_8\text{Si}_4\text{O}_{10}$ (Kaolinit)	H_2O	390 - 450
5	verwitterte Gneise	u.a. $\text{Al}_4\text{OH}_8\text{Si}_4\text{O}_{10}$ (Kaolinit)	H_2O Schichtung	390 - 450
6	Baryt	BaSO_4	SO_2	≥ 1100

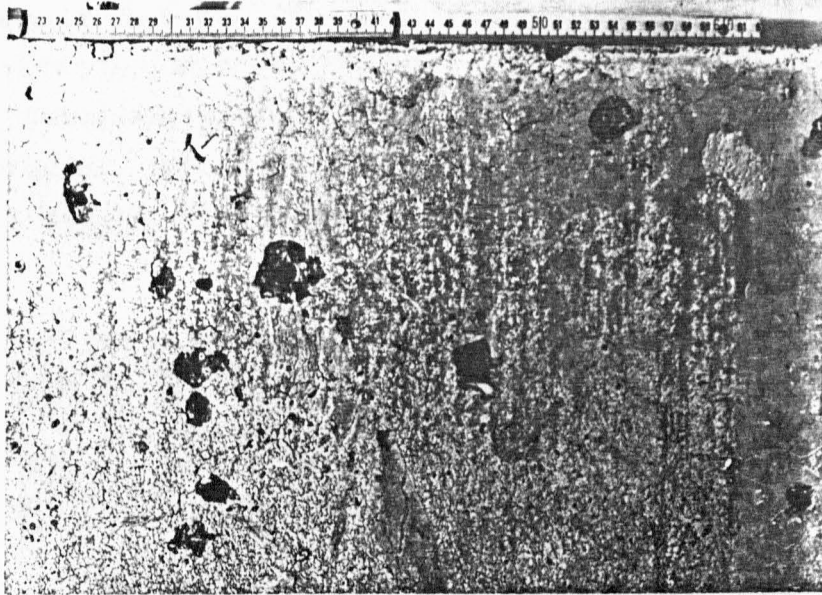


Bild 2.10: Zuschlagstoff-Abplatzungen bei Sandsteinen spezieller Zusammensetzung; erreichter Temperaturbereich $260 - 350^{\circ}\text{C}$

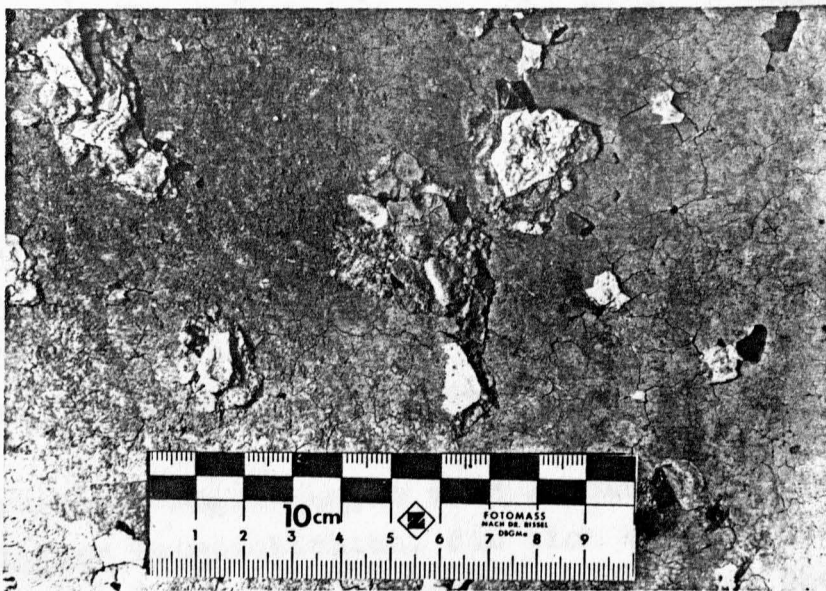


Bild 2.11: Zuschlagstoff-Abplatzungen bei Feuersteinen; erreichter Temperaturbereich $\geq 150^{\circ}\text{C}$

Entgegen einer naheliegenden Vermutung ist die Quarzumwandlung bei $\sim 575^{\circ}\text{C}$ nicht signifikant für das Auftreten von Zuschlagstoff-Abplatzungen.

Großflächige oder Kanten- und Eckabplatzungen, bei denen häufig die Bewehrung der Bauteile freigelegt wird, haben ihre Hauptursachen im Feuchtegehalt des Betons, der mechanischen Beanspruchung und den Querschnittsabmessungen (Bild 2.12). Insbesondere ältere, gut ausgetrocknete Betonkonstruktionen mit "soliden" Abmessungen können hohe Temperaturen auch bei ungünstigen statischen Bedingungen ohne solche Abplatzungen überstehen.

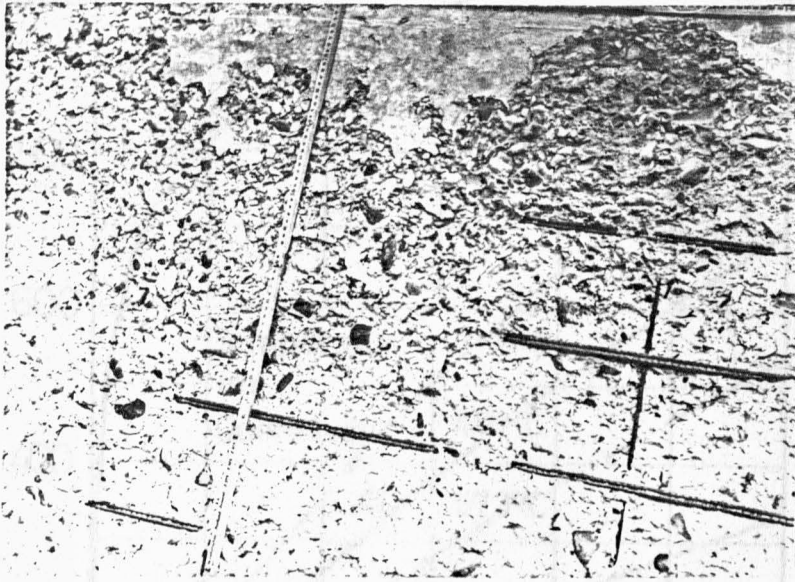


Bild 2.12: Großflächige Abplatzungen, die die Bewehrung freigelegt haben

Wenn großflächige Abplatzungen, die meistens explosionsartig vor sich gehen, festgestellt werden, kann daraus geschlossen werden, daß zum Zeitpunkt der Abplatzung die Betonoberfläche auf $\sim 300 - 450^{\circ}\text{C}$ erwärmt war bei Umgebungstemperaturen von $\lesssim 750^{\circ}\text{C}$ [17].

Bild 2.13: Physiko-chemische Umwandlungen unter Wärmeeinwirkung

Die beschriebenen Abplatzungen sind leicht zu unterscheiden von herabgefallenen Betonschichten, die sich bei längerer und höherer Brandbeanspruchung ($\sim 1000^{\circ}\text{C}$ Umgebungstemperatur über längere Zeit) durch Zermürbung und Rißbildung gelöst haben.

Während einer Brandbeanspruchung erfährt der Beton eine Festigkeitsminderung, die nicht voll reversibel ist. Anhand von Zermürbung der Oberfläche und ggf. tieferer Betonschichten des betrachteten Bauteils können daher aussagekräftige Schlüsse auf die Temperaturhöhe gezogen werden.

In Bild 2.13 sind die signifikanten Ursachen der Betonzermürbung dargestellt: bei rd. 350°C Entwässerung von Hämatit, bei rd. 450°C Dehydratation von gelöschtem Kalk, bei rd. 575°C Quarzumwandlung [17].

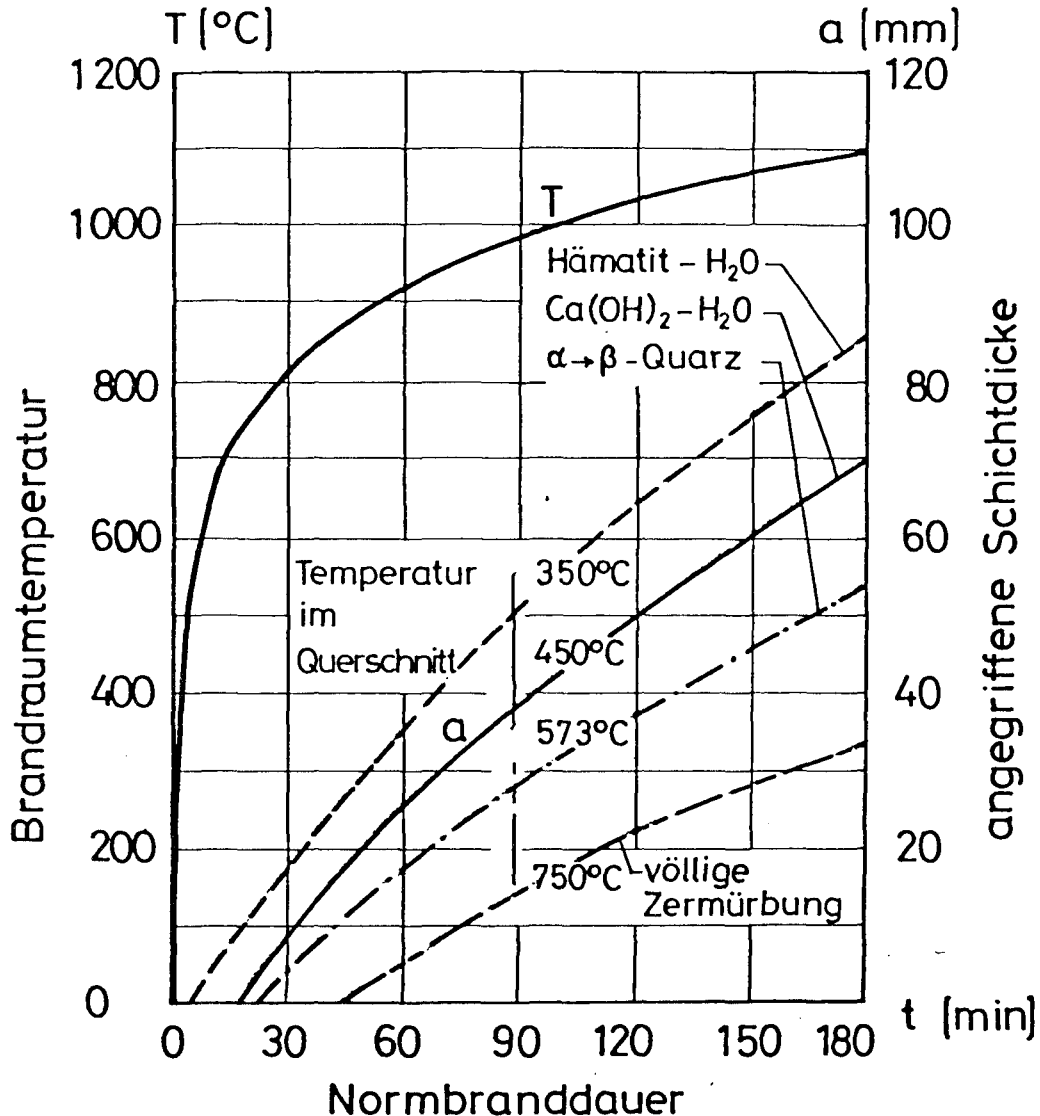


Bild 2.13: Physiko-chemische Umwandlungen unter Wärmeeinwirkung (Normbrand) in verschiedenen Tiefen eines Normalbetonquerschnitts (Platte oder Wand)

Da der Grad der Zermürbung schwer quantifizierbar ist, müssen zusätzliche Aufschlüsse versucht werden. Das ist möglich durch die Bestimmung der Betonrestfestigkeit. Mit Hilfe des Schmidthammers lässt sich die Festigkeit der jeweils äußeren Betonzonen ausreichend genau feststellen, und ein Vergleich mit der Festigkeit ungeschädigter Betonteile dürfte meistens möglich sein.

Bild 2.14 zeigt Streubereiche zu erwartender Beton-Restdruckfestigkeiten als Bruchteile der ursprünglichen Werte in Abhängigkeit von der vorher erreichten Maximaltemperatur [22]. Aus dem Diagramm geht hervor, daß die Restfestigkeit wesentlich von den Abkühlungsbedingungen abhängig ist. Insbesondere bei Stützen muß also überprüft werden, ob ein Abkühlshock durch Löschwasser zu berücksichtigen ist.

Wenn Beton auf Bereiche um 200°C erwärmt und langsam abgekühlt wurde, sind in Versuchen gelegentlich sogar Verfestigungen beobachtet worden.

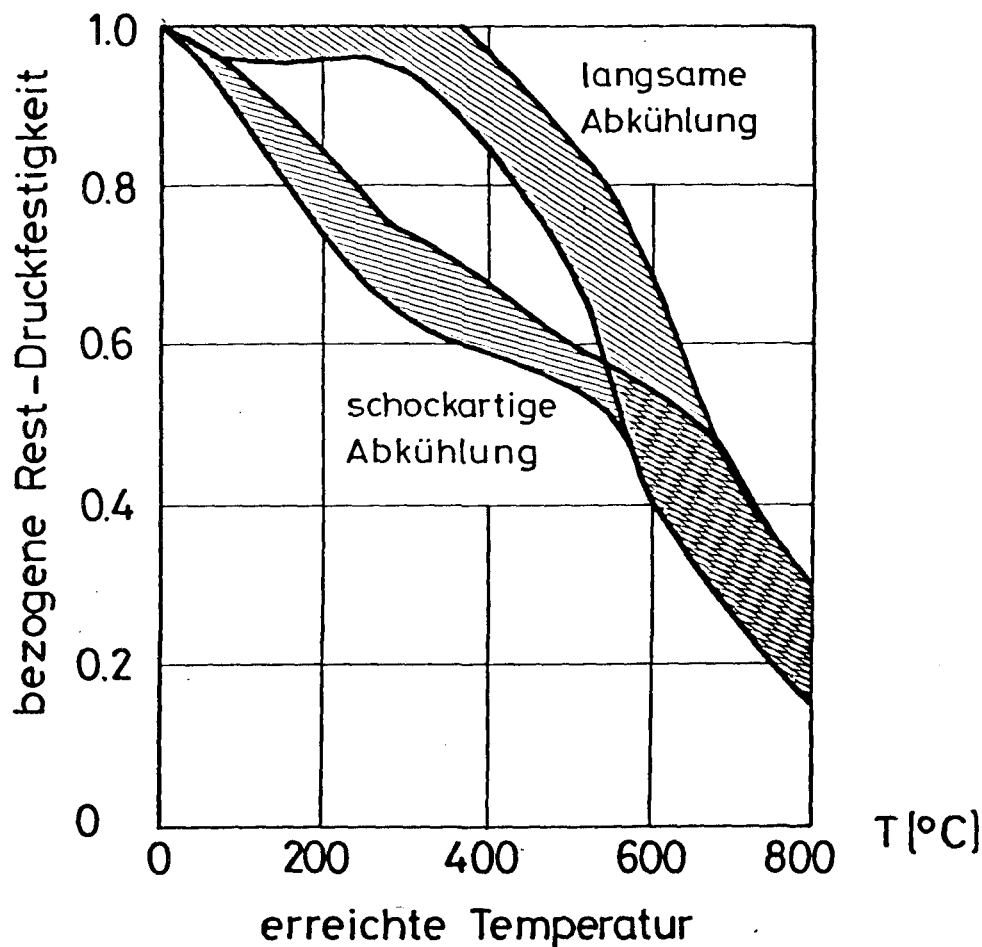


Bild 2.14: Restdruckfestigkeit von Normalbeton nach dem Wiederkalten in Abhängigkeit von der vorher erreichten Maximaltemperatur und von den Abkühlungsbedingungen.

An Betonen sind nach einer Wärmebeanspruchung Farbveränderungen festzustellen: Sie sind außer von der erreichten Temperatur aber von vielen Faktoren abhängig und verändern sich auch nach der Abkühlung noch, so daß nicht empfohlen werden kann, aus der Verfärbung von Beton weitreichende Schlüsse zu ziehen, obwohl das in der Literatur geschieht [4].

2.4 Beobachtungen während des Brandes

Über jeden Einsatz gibt es einen Brandbericht der Feuerwehr, der i.a. auf Anforderung erhältlich oder wenigstens einzusehen ist. Es wäre verfehlt, von ihm lückenlose Informationen über den Brandverlauf, Temperaturentwicklung, Bauteilverhalten, usw. zu erwarten, da ja die Aufgaben der Feuerwehr andere sind als auf solche Erscheinungen zu achten und sie zu protokollieren. Aus der Beschreibung der Brandbekämpfungsmaßnahmen, des bei Eintreffen vorgefundenen Zustands der Brandstelle, Dauer des Einsatzes, usw. sind aber wertvolle Schlüsse zu ziehen. Es muß beachtet werden, daß die Einsatzdauer der Feuerwehr i.a. nicht gleichzusetzen ist mit der Branddauer, die praktische Auswirkungen auf die Betonkonstruktion hat.

Ein Gespräch mit dem Einsatzleiter ist meistens nützlich; das gilt selbstverständlich auch für anderen Personen, die den Brand beobachtet haben.

Aus Angaben über Flammenhöhen kann zunächst einmal eine ganz allgemeine Bewertung der Brandintensität erfolgen. Aus der Beschaffenheit der Flammen (Färbung, Rauchdurchsetzung) sollten nur qualitative, möglichst keine quantitativen Schlüsse gezogen werden. Als Richtwert kann angenommen werden, daß die sichtbare Flamme an ihrem äußeren Rand etwa 500°C heiß ist, wenn eine Brandlast, die vorwiegend aus Holz besteht, verbrennt [5,6].

3. Thermodynamische Grundlagen zur Ermittlung der Erwärmung von Betonquerschnitten bei Schadenfeuern

3.1 Brandverlauf bei natürlichen Bränden

Die theoretische Behandlung der Wärme- und Stofftransportgleichungen bei natürlichen Bränden basieren auf dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik. Nach diesem Hauptsatz strömt die freiwerdende Energie infolge Abbrennens der Brandlasten z.T. durch die vorhandenen Fensteröffnungen hinaus, wird aber z.T. auch von im Brandraum vorhandenen Massen aufgenommen.

Die wichtigsten Randbedingungen, die ein Brandgeschehen an einem Brandort beeinflussen, können wie folgt zusammengestellt werden:

- a) Menge und Art der brennbaren Materialien an einem Brandort,
- b) Konzentration und Oberflächenbeschaffenheit der brennbaren Materialien,
- c) Verteilung der Brandlasten im Brandraum,
- d) Geometrie des Brandraumes,
- e) Thermische Eigenschaften der umgebenden Bauteile des Brandraumes,
- f) Ventilationsbedingungen, die die Sauerstoffzufuhr zum Brandraum steuern.

Die oben angegebenen Parameter bestimmen dabei maßgeblich die Entwicklung der Heißgastemperaturen am Brandort.

Bild 3.1 zeigt die Phasen eines natürlichen Brandes. Danach sind drei Phasen zu unterscheiden:

- Die erste Phase ist als Zündphase definiert. Bei dieser Phase ist i.a. mit einem schnellen Ansteigen der Temperaturen zu rechnen. In dieser Phase hängt die Entwicklung der Temperaturen hauptsächlich von den Brandlasten und deren Abbrandverhalten und von der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Feuers ab.
- Die zweite Phase ist als Brennphase definiert. Diese Phase des Feuers wird hauptsächlich von den Ventilationsbedingungen, der Beschaffenheit der umgebenden Bauteile des Brandraumes und der Sauerstoffmenge, die im Brandraum zur Verfügung steht, gesteuert.

In der Brennphase ist in den meisten Fällen mit sehr hohen Temperaturen zu rechnen. Dabei können die Brandraumtemperaturen über der Normbrandkurve liegen. Die Dauer dieser Phase hängt von der gesamten im Brandraum vorhandenen Abbrandenergiemenge ab.

- Die dritte Phase eines natürlichen Brandes ist die Abkühlphase genannt. In der Abkühlphase reicht die Wärme- und Energiemenge nicht mehr aus, um eine Temperatursteigerung oder eine Aufrechterhaltung der Temperaturen am Brandort zu gewährleisten. Dieser Zustand führt dazu, daß aus den umschließenden Bauteilen des Brandraumes ein nach innen gerichteter Wärmestrom stattfindet. Die von den Bauteilen abgegebene Wärmeenergie bestimmt dabei die Heißgastemperatur.

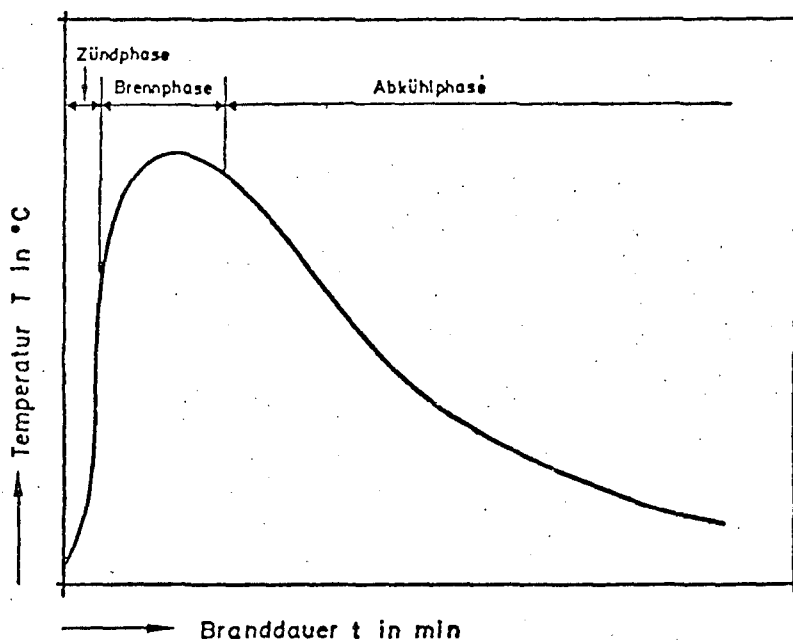


Bild 3.1: Entwicklung eines natürlichen Brandes

Die Festlegung des Temperatur-Zeitverlaufs für den Normbrand nach DIN 4102 ist verhältnismäßig willkürlich, denn aus den verschiedenen Brandverläufen wird ein einziges Brandgeschehen als maßgebende Brandbeanspruchung definiert. Die oben beschriebenen Phasen eines natürlichen Brandes deuten jedoch darauf hin, daß ein natürliches Brandgeschehen mit der Normbrandbeanspruchung sehr schwer wiedergegeben werden kann. In Bild 3.2 sind einige Temperatur-Zeitverläufe der natürlichen Brände dargestellt und dem Normbrand gegenübergestellt.

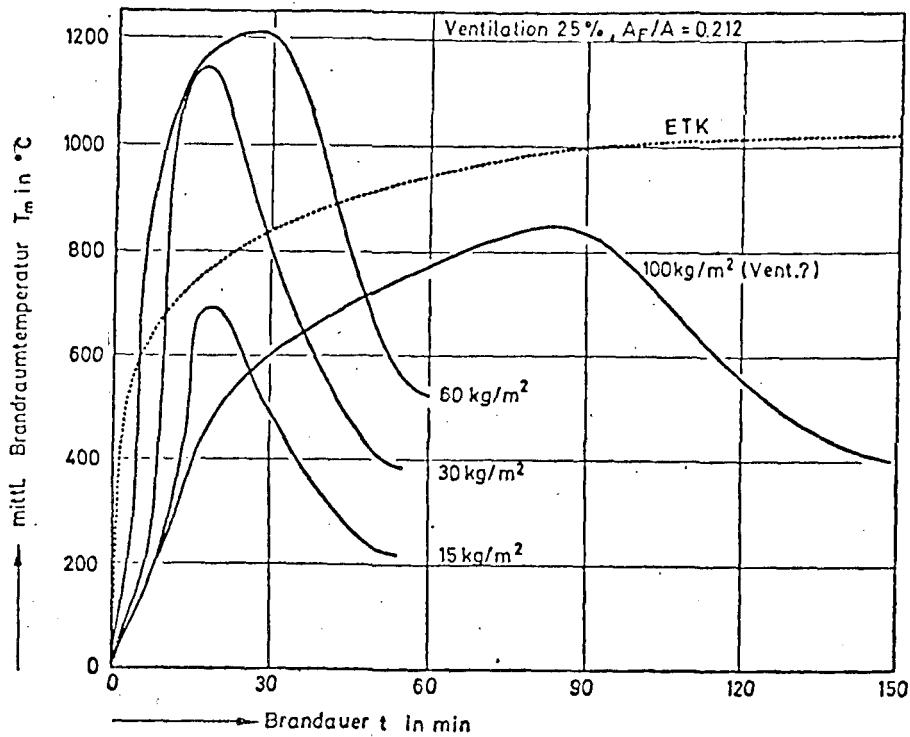


Bild 3.2: Temperatur-Zeitverläufe natürlicher Brände im Vergleich mit dem Normbrand

Für diese Temperatur-Zeitkurven ist als Parameter die Brandlast angegeben. Die in Versuchen simulierten natürlichen Brände stammen mit einer Ausnahme aus den Untersuchungen, die in Metz durchgeführt worden sind [3]. Die mit einer Holzbrandlast von 100 kg/m^2 erzeugten Brandraumtemperaturen sind einer russischen Veröffentlichung entnommen [24].

In Bild 3.2 sind mittlere Brandraumtemperaturen dargestellt. In Wirklichkeit streuen die gemessenen Temperaturen örtlich, so daß ein Streubereich von 200°C zeitweise überschritten wird. Die in Bild 3.2 dargestellten mittleren Brandraumtemperaturen sind unter 25%iger Ventilationsbedingung gemessen. Bei den Untersuchungen in Metz bezeichnet der "Ventilationsparameter" das Verhältnis zwischen Öffnung (A_F) und Gesamtfläche (A_W) der Frontseite der Brandkammer. Er dient als maßgeblicher Parameter und ist nach Gl.(3.1) wie folgt definiert:

$$\rho = A_F/A_W \quad (3.1)$$

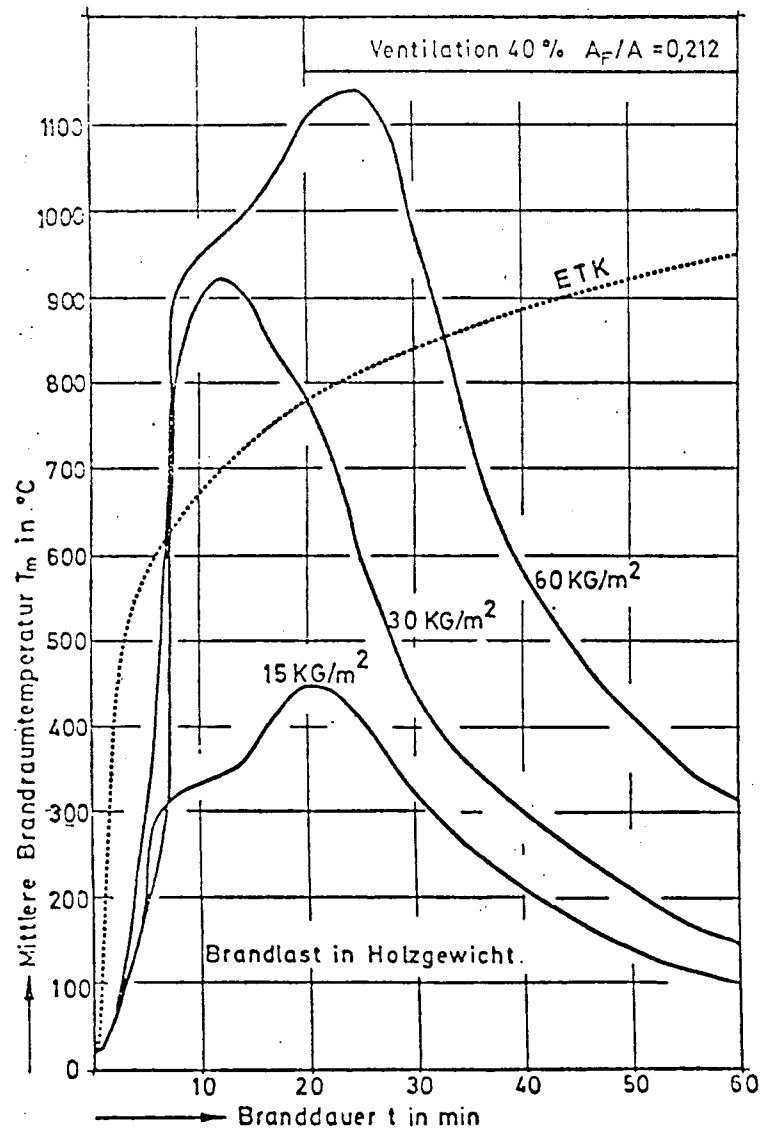


Bild 3.3: Temperatur-Zeitverläufe der natürlichen Brände im Vergleich mit dem Normbrand

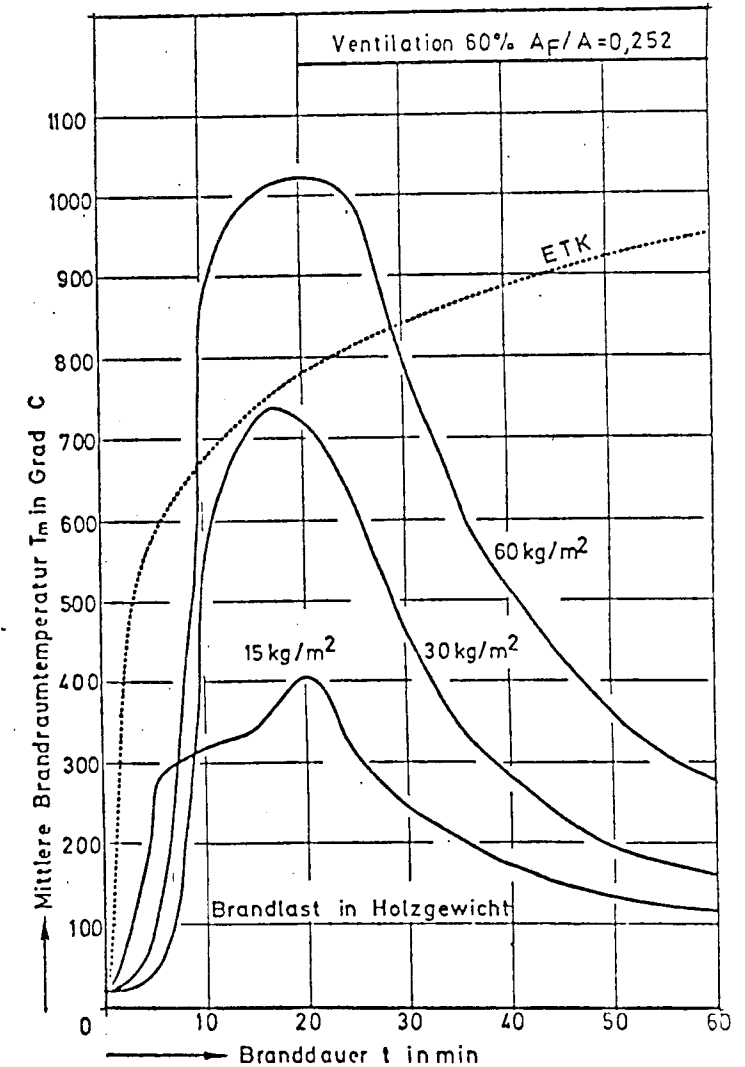


Bild 3.4: Temperatur-Zeitverläufe der natürlichen Brände im Vergleich mit dem Normbrand

Im Rahmen der Zielsetzung der vorliegenden Arbeit wurden als mögliche Brandverläufe die in den Bildern 3.2 bis 3.4 dargestellten natürlichen Brände aus den Metzger Versuchen für die rechnerischen Untersuchungen gewählt. Diese Temperaturverläufe wurden hauptsächlich für die allseitige Beflammung der Stahlbetonquerschnitte (Stützen) angewendet. Weiterhin wurden verschiedene Temperatur-Zeitverläufe aus den Lehrter Versuchen für die all- und dreiseitige Beflammung der Stahlbetonquerschnitte (Balken und Plattenbalken) herangezogen. Die verwendeten Temperatur-Zeitverläufe der Lehrter Versuche [7] sind im Abschnitt 4 dargestellt.

Eine Begrenzung der Anzahl der Brandverläufe sowie der Stahlbetonquerschnitte war im Hinblick auf die Vielzahl der denkbaren natürlichen Brände notwendig. Die gewählten Brandbeanspruchungen führen jedoch hinsichtlich der Geometrie und der Baustoffe der untersuchten Stahlbetonquerschnitte durchweg zu aussagekräftigen Ergebnissen für die nachträgliche Beurteilung des beflamnten Bauteils.

3.2 Grundlagen der Temperaturfeld-Berechnungen

Die Temperaturentwicklung im Stahlbetonquerschnitt läßt sich nach der bekannten Fourier-Gleichung (3.2)

$$c_p \cdot \rho \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \text{div. } \lambda \cdot (\text{grad } T) + W \quad (3.2)$$

berechnen. Dabei wird die Beziehung zwischen Temperaturleitzahl a und der Wärmeleitzahl λ des Normalbetons nach Gl. (3.3) angegeben.

$$a = \frac{\lambda}{c_p \cdot \rho} \quad (3.3)$$

In vorliegenden Untersuchungen wurde zur Berechnung der Temperaturfelder eine zweidimensionale Diskretisierung zur Anwendung des Differenzenverfahrens benutzt [9, 19]. Das Verfahren ermöglicht eine relativ schnelle Bestimmung der Temperturfelder für die in der Praxis vorkommenden Stahlbeton-Rechteckquerschnitte. Die in Gl.(3.2) explizit

vorkommende Temperaturleitzahl a und die Wärmeleitfähigkeit λ sind als Funktion der Temperatur für Normalbeton mit vorwiegend quarzitischen Zuschlägen in Bild 3.5 dargestellt.

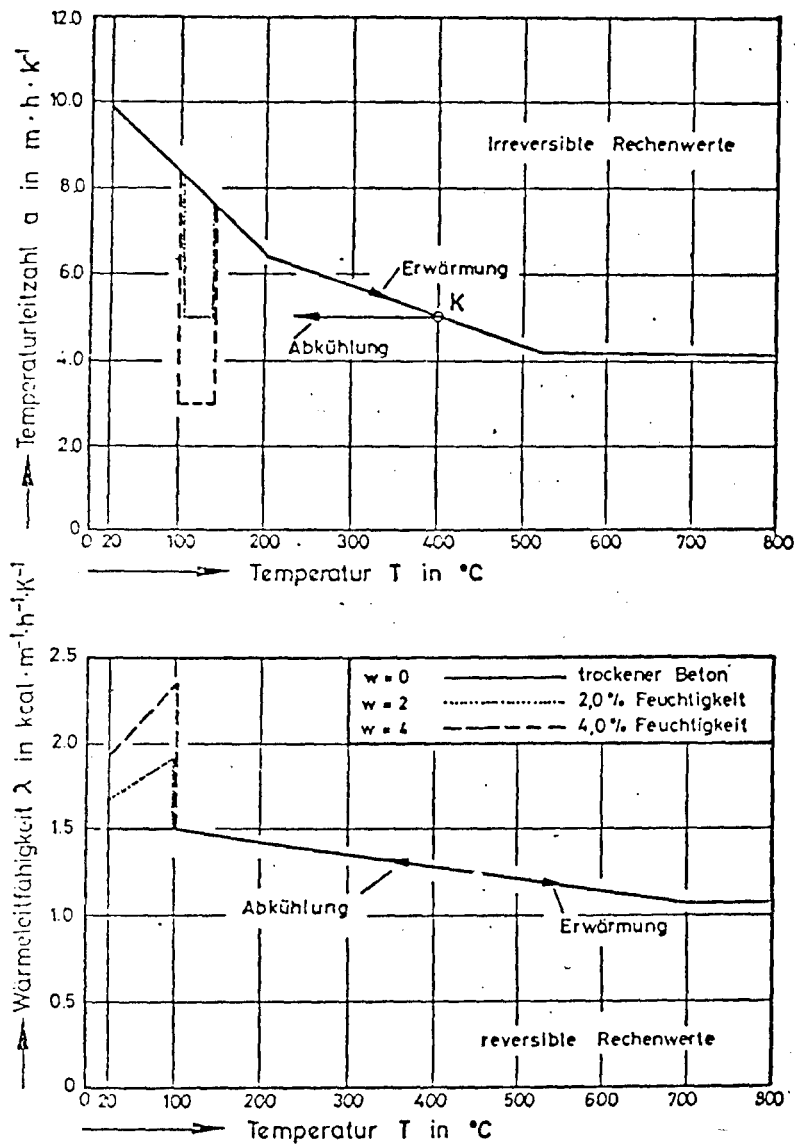


Bild 3.5: Temperaturleitzahl und Wärmeleitfähigkeit des Normalbetons im Hochtemperaturbereich

Auf dem Bild 3.5 wurde als Scharparameter Feuchtigkeit des Betons angegeben.

Für die Ermittlung der Temperaturfelder von Stahlbetonquerschnitten wurden irreversible thermische Materialgesetze für Normalbeton be-

rücksichtigt. Bei Temperaturrückgang werden die zuletzt erreichten, mit der maximalen Temperatur gekoppelten Temperaturleitzahlen bis zur völligen Abkühlung konstant gehalten. Bei erneuter Erwärmung ist die Größe der Temperaturleitzahl bis zum Wendepunkt K unverändert und folgt dann dem ursprünglichen Verlauf. Der Wärmeleitfähigkeit wurde dagegen in der Berechnung ein reversibles Verhalten in der Abkühlphase zugeordnet.

Mit den oben beschriebenen Grundlagen läßt sich der Wärmetransport in Stahlbetonbauteilen mit quarzitischem Zuschlag unter den Randbedingungen eines natürlichen Brandes wirklichkeitsnah bestimmen.

3.3 Wärmeübergangsbedingungen bei natürlichen Bränden

Die Wärmeübergangsbedingungen für die Metzger Versuche wurden in der Arbeit [20], durch Auswertung der bei den oben angegebenen Versuchen durchgeführten kalorimeterischen Messungen, gelöst. Dabei wurden die mit dem Kalorimeter bestimmten Wärmeströme in einen konvektiven und einen radiativen Anteil separiert und daraus die gesuchten Wärmeübergangsparameter ermittelt. In der vorliegenden Arbeit werden die dort gewonnenen Erkenntnisse weiterhin benutzt.

Der konvektive Wärmeübergang bei laminarer Gasströmung im Brandraum wird als Funktion der Heißgastemperaturen sowie Heißgasgeschwindigkeiten in den Berechnungen berücksichtigt [21].

Die in [9] durchgeführten Untersuchungen haben ergeben, daß hinsichtlich des Wärmeüberganges durch Strahlung unterschiedliche Emissionszahlen für die natürlichen Brände und die Normbrände angesetzt werden müssen. In den folgenden rechnerischen Untersuchungen wurden deshalb folgende nach den Gleichungen (3.4) und (3.5) angegebenen Emissionszahlen für den radiativen Wärmeübergang benutzt.

$$\text{natürliche Brände} \quad \varepsilon = 0,6 \quad (3.4)$$

$$\text{Normbrand nach DIN 4102} \quad \varepsilon = 0,35 \quad (3.5)$$

Die Untersuchungen [9] haben gezeigt, daß die mittlere Rauchgasgeschwindigkeit auf den Wärmeübergang vom Brandraum auf das Bauteil einen geringen Einfluß besitzt. In den vorliegenden Untersuchungen wurde ihr als Mittelwert 5 m/min zugewiesen. Der Einfluß der Emissionszahlen auf den Wärmeübergang ist jedoch bei längerer Branddauer bemerkbar. Beispielsweise kann eine Erhöhung der Emissionszahlen $\varepsilon = 0,25$ auf $\varepsilon = 0,45$ auf der Bauteiloberfläche eine Erhöhung der Wärmeströme bis zu 20 % bewirken [u.a. 8].

Im Bild 3.6 sind die Wärmestromdichten für einen Querschnitt von 30/30 cm in der Nähe der Seitenhalbierenden über der Branddauer dargestellt. Der Wärmestrom durch die Oberfläche ist an dieser Stelle nach Gl. (3.6) berechnet:

$$q^0 = -\lambda \cdot \frac{dT}{dx} \quad (3.6)$$

Für die Ermittlung der Wärmestromdichten wurden die Temperatur-Zeitverläufe aus dem Bild 3.2 benutzt. Auf Bild 3.6 wurden außerdem die Wärmestromdichten von natürlichen Bränden denen des Normbrandes gegenübergestellt.

Es ist erkennbar, daß der Wärmestrom während der Branddauer affin zu den Heißgastemperaturen verläuft. Nach Durchlaufen eines Maximums zeigt der Wärmestrom bei den natürlichen Bränden nach etwa 50 min Branddauer sogar einen Richtungswechsel, während er bei der Normbrandbeanspruchung einen asymptotischen Verlauf besitzt. Der Vorzeichenwechsel des Wärmestroms bei natürlichen Bränden deutet auf den Abkühlungsbeginn des Bauteils hin.

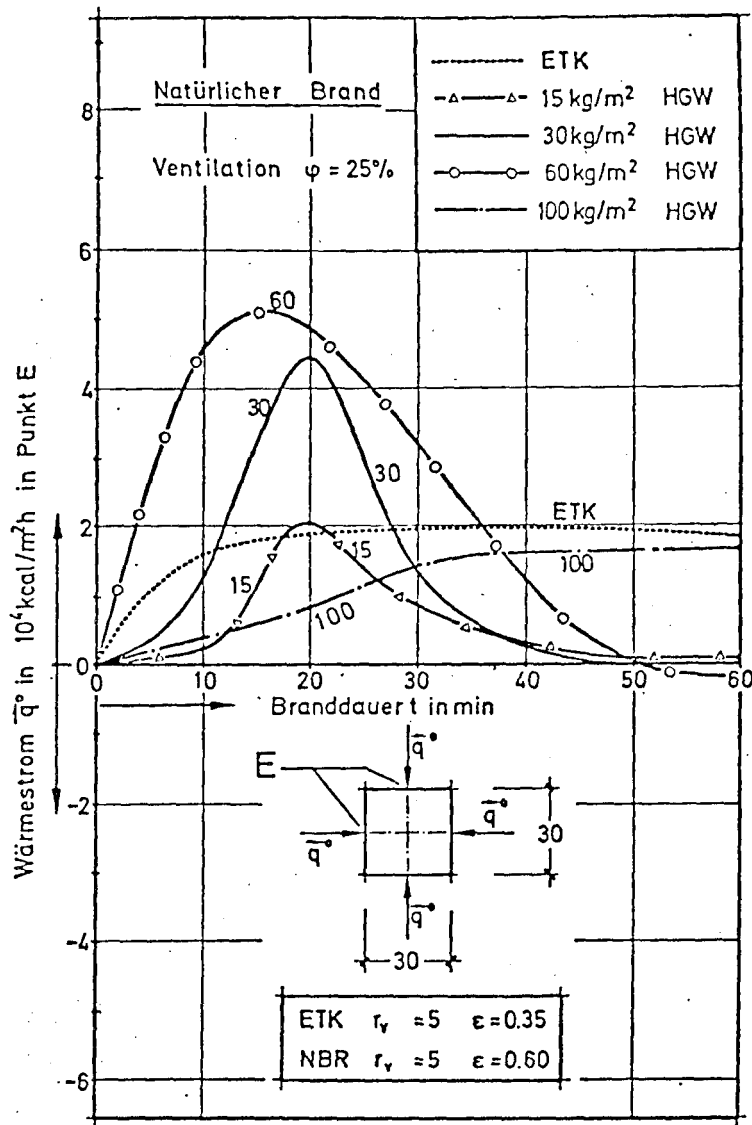


Bild 3.6: Wärmestromdichte an der Oberfläche eines Querschnitts im Brandfall

4. Temperaturfelder der Stahlbetonquerschnitte

Um die Lesbarkeit des Berichtes nicht zu beeinträchtigen, werden die zum Abschnitt 4 gehörenden Bilder 4.1 bis 4.105 und Tabellen als Anhang beigelegt.

Die Grundlagen, d.h. der zeitliche Temperaturverlauf im Brandraum, stammen aus Versuchen in Räumen, die etwa normale Wohnraumgröße hatten. Bis heute fehlen verlässliche Angaben, bis zu welcher Raum-

größe etwa gleiche Temperaturentwicklung bei sonst vergleichbaren Verhältnissen (Brandlast, Ventilation) zu erwarten ist. Grundsätzlich und besonders bei großen Räumen sind daher die unter Abschn. 2 zusammengestellten Indizien eines Brandes zu Rate zu ziehen, um die erreichte Brandraumtemperatur abzuschätzen. Bei Räumen, die mehr als etwa 500 m^3 groß sind, wird vorläufig der Gebrauch der folgenden Brandraumtemperaturen nicht empfohlen.

4.1 Temperaturfelder für allseitige Beflammung aus Versuchen in Metz

Die Temperatur-Zeitverläufe im Brandraum der Metzger Versuche sind im Abschnitt 3 in den Bildern 3.2 bis 3.4 für verschiedene Ventilationsbedingungen dargestellt. Zur Ermittlung der Brandraumtemperaturen mit natürlichem Schadenfeuer wurde in Metz u.a. ein innen-seitig mit Vermiculite-Putz ausgerüstetes Brandhaus mit den Abmessungen $3,7 \text{ m} \times 3,4 \text{ m} \times 3,1 \text{ m}$ errichtet, um den Brandverlauf beim Abbrand von Holzkrippen zu studieren.

Die gewonnenen Temperatur-Zeitverläufe aus den erwähnten Untersuchungen wurden einem natürlichen Schadenfeuer in einem Bauwerk unterstellt, und die thermischen Einwirkungen auf Stahlbetonbauteile rechnerisch analysiert. Bei diesen Untersuchungen wurde eine Ventilationsbedingung von 25 % (vergl. 3.1) zugrundegelegt, weil dabei eine ungünstige Temperatureinwirkung an Bauteilen zu erwarten war [10].

Die Rechenergebnisse wurden als Plotter-Bilder dargestellt. Diese wurden für 15, 30 und $60 \text{ kg Holzbrandlast/m}^2$ vorbereitet. Wie schon erwähnt, gehören jedoch die Ergebnisse der 100 kg Holz/m^2 -Brandlast zu einer Brandraumtemperaturkurve, die aus einer russischen Veröffentlichung stammt, bei der die Ventilationsbedingung nicht bekannt ist.

Die Isothermenbilder werden für die quadratischen Stahlbetonquerschnitte (Stützen) 20/20 und 30/30 vorgelegt (quarzitischer Beton), wobei eine allseitige Beflammung des Querschnittes zugrundegelegt wurde. Die Isothermenbilder zeigen während der Zünd- und Brennphase (vergl. Bild 3.1) im Querschnitt eine affine Temperaturentwicklung zu der im Brandraum. Die maximalen Temperaturen im Querschnitt sind

während der Brennphase des Feuers anzutreffen (vergl. Bilder 4.2 und 4.3). Es entstehen hohe Temperaturgradienten im Querschnitt nahe dem Randbereich. Dabei herrschen in Querschnittsmitte mäßige Temperaturen von 100 bis 150°C. Eine interessante Temperaturschicht im Querschnitt ist jedoch während der Abkühlphase des Feuers zu beobachten. In dieser Phase nehmen, während sich die inneren Bereiche des Querschnittes noch erwärmen, in den randnahen Bereichen die Temperaturen ab. Dadurch werden auch die steilen Temperaturgradienten, die in den vollentwickelten Brandphasen beobachtet wurden, abgebaut (vergl. Bilder 4.4, 4.8 und 4.11).

Bei höheren Brandlasten ist dieser Vorgang besonders deutlich ausgeprägt. Bild 4.15 für 60 kg Holzbrandlast und Bild 4.24 für 100 kg Brandlast zeigen deutlich die Temperatursteigerung im Querschnittsinneren während der Abkühlphase des Brandes. Die Abkühlung der Querschnitts-Randbereiche zeigt einen Richtungswechsel im Wärmestrom vom Bauteil zum Brandraum hin. Auf diesen Sachverhalt wurde im Abschnitt 3.3 in Bild 3.6 besonders hingewiesen.

4.2 Temperaturfelder aus Großversuchen in Lehrte

4.2.1 Temperaturfelder für allseitige Beflammung

Bei den bekannten Lehrter Versuchen wurden in 13 Wohnungen systematisch Brände gelegt und dabei umfangreiche Messungen durchgeführt. Die gemessenen Temperatur-Zeitverläufe stammen somit aus natürlichen Schadenbränden, die in einem 1:1 gebauten Bauwerk beobachtet wurden. Die Brandraumgrößen waren unterschiedlich mit maximal 3,60 x 5,05 x 2,50 (m³) aber der Versuchskammer in Metz durchaus vergleichbar. Die Dämmung der Umfassungsbauteile war dagegen signifikant anders: "normaler" Kalkzementputz und Zementestrich gegenüber Vermiculite-Bekleidung. In dieser Arbeit wurden zur Ermittlung der Temperaturfelder in den Stahlbetonquerschnitten die Versuche von O1 bis O5 zugrundegelegt. Dabei wurden typische Temperatur-Zeitverläufe gewählt. Diese Temperatur-Zeitverläufe zeigten z.T. auch die Wiederbelebungseffekte des Feuers nach einer Abkühlphase. Beispielsweise ist in Bild 4.82 ein solcher Verlauf des Brandes dargestellt.

In den Bildern 4.30 bis 4.105 sind die Untersuchungsergebnisse aus den Lehrter Versuchen als Isothermenbilder, wiederum für quadratische Querschnitte (Stützen) 20/20 und 30/30 cm aus quarzitischem Beton, dargestellt. Ähnliche Temperaturgeschichten, wie im Abschnitt 4.1 erörtert wurde, sind auch bei diesen Untersuchungen zu beobachten. Insbesondere im Falle der Wiederbelebung des Feuers existiert eine quasi stationäre Temperaturverteilung über dem Querschnitt (vergl. Bild 4.92). Auch bei längerer Branddauer über 90 min werden im Querschnitt fast gleichbleibende Temperaturen von 150 bis 200°C ermittelt (vergl. Bilder 4.104 und 4.105).

Ein Vergleich der Bilder 4.5 bis 4.11 (Metz) und 4.42 bis 4.49 (Lehrte), die Brände unter vergleichbaren Bedingungen hinsichtlich Brandlast, Raumgeometrie und Ventilation wiedergeben, zeigt, daß die Metzger Versuche die deutlich strengere Beanspruchung ergaben. Das muß in erster Linie auf die starke Wärmedämmung der Umfassungsbauteile durch den Vermiculite-Putz zurückgeführt werden.

Wenn wesentliche Zweifel über die Verhältnisse, die bei einem Schadenfeuer wirklich geherrscht haben, bestehen, wird daher empfohlen, auf die Metz-Darstellungen zurückzugreifen, da sie auf der sicheren Seite liegen dürften.

4.2.2 Temperaturfelder für dreiseitige Beflammung

Die Entwicklung der Temperaturfelder für dreiseitige Beflammung wurde in dieser Arbeit in Tabellenform aufbereitet. Dabei wurden die Temperatur-Zeitverläufe aus den Lehrter Versuchen gewählt, die im Abschnitt 4.2.1 erörtert wurden. Die untersuchten Temperatur-Zeitverläufe wurden jedoch auf 3 reduziert, um diese Arbeit voluminmäßig in den Grenzen zu halten. Als Stahlbetonquerschnitte (quarzitisch) wurde ein Rechteckquerschnitt von 30/50 cm und ein Plattenbalken mit den Abmessungen von 16/50/30 cm gewählt. Als Randbedingung wurde die dreiseitige Beflammung der Querschnitte von unten zugrundegelegt. Die obere Seite des Bauteils wurde der freien Luft ausgesetzt.

Die Temperaturberechnungen wurden mit dem Finiteelement-Programm TASEF-2 durchgeführt. Das Temperaturprogramm wurde von schwedischen Forschern entwickelt [25] und gestattet generell die Berechnung der Temperaturfelder von verschiedenen Querschnittskonturen mit verschiedenen Wärmeübergangsbedingungen. Im Programm können außerdem unterschiedliche thermische Materialdaten berücksichtigt werden.

Um die Temperaturen einer bestimmten Stelle im Querschnitt zuzuordnen, wurden Rasterbilder aufbereitet. Die ausgewiesenen Temperaturen gehören zu einem entsprechenden Knotenpunkt dieser Rasterysteme. Eine enge Rastereinteilung wurde insbesondere in den Bereichen gewählt, wo ein steiler Temperaturgradient zu erwarten ist. Am Ende der jeweiligen Temperaturberechnung wurde zusätzlich die erreichte Maximaltemperatur jedes Rasterknotens ausgeworfen. Wenn man davon ausgeht, daß die temperaturabhängige Entfestigung des Betons nicht reversibel ist, entsprechen die maximal auftretenden Temperaturen den tatsächlichen thermischen Einwirkungen des natürlichen Brandes.

Die vorgelegten Isothermenbilder vermitteln die Temperaturentwicklung im Querschnitt zu verschiedenen Zeitpunkten bei den entsprechenden natürlichen Bränden. Mit diesen Isothermenbildern kann eine nachträgliche Beurteilung von Stahlbetonquerschnitten nach einem Schadenfeuer schnell und praxisnah vorgenommen werden.

5. Schäden, Wiederverwendbarkeit

Es ist nicht Ziel dieser Arbeit, Empfehlungen zur Beurteilung der Wiederverwendbarkeit, Sanierungsmöglichkeiten, usw. nach einem Schadenfeuer zu geben. Doch mögen einige allgemeine Hinweise auf mögliche Schädigungen von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen das bisher Ausgeführte ergänzen.

5.1 Beton

Die Restdruckfestigkeit von Beton nach dem Wiedererkalten ist mit herkömmlichen Mitteln (Schmidthammer) leicht zu ermitteln. Ihre

Abhängigkeit von der vorher erreichten Temperatur (und den Abkühlungsbedingungen) ist unter Punkt 2.3 in Bild 2.14 dargestellt. Betrachtet man dazu ein beliebiges Temperaturfeld aus Abschnitt 4, so ist evident, daß an Querschnittsecken infolge stärkerer Erwärmung größerer Festigkeitsabfall eintreten muß.

Näherungsweise kann die Veränderung des Elastizitätsmoduls für Normalbetone mit der Druckfestigkeit gleichgesetzt werden.

5.2 Stahl

Das Verhalten von Bewehrungsstahl und Spannstahl während und nach einer Brandbeanspruchung ist wesentlich von der Stahlart abhängig. Naturharte Stähle - übliche Baustähle, Betonstahl BSt. 220/340, BSt. 420/500 RU - gewinnen nach dem Erkalten ihre ursprüngliche Festigkeit zurück. Durch die "Wärmenachbehandlung" kann sogar bei Durchlaufen bestimmter Temperaturbereiche eine bleibende Verfestigung auftreten. Das kann andererseits auch durch einen Abschreckeffekt bei Löschwassereinfluß geschehen. Damit kann jedoch auch eine Versprödung einhergehen. Nur bei etwa durch Abplatzungen freigelegter Stützenbewehrung dürfte in der Praxis aber mit dieser Erscheinung zu rechnen sein.

Bei kalt oder warm nachbehandelten Stählen ist die Festigkeitsminderung durch Erwärmung nach dem Erkalten nicht voll reversibel. Eine Abnahme der Festigkeit bis zu der des Ausgangsmaterials kann eintreten, wenn die Temperatur, die die Nachbehandlungseffekte aufhebt, längere Zeit einwirken konnte.

Die schädlichen Temperaturbereiche wie auch die prozentuale Entfestigung sind selbstverständlich von der Art und dem Grad der Nachbehandlung des Stahls abhängig. Besonders empfindlich sind hochfeste Spannstähle [2]. Die Bilder 5.1 und 5.2 sollen nur Größenordnungen veranschaulichen, in Zweifelsfällen müssen genaue Untersuchungen durchgeführt werden.

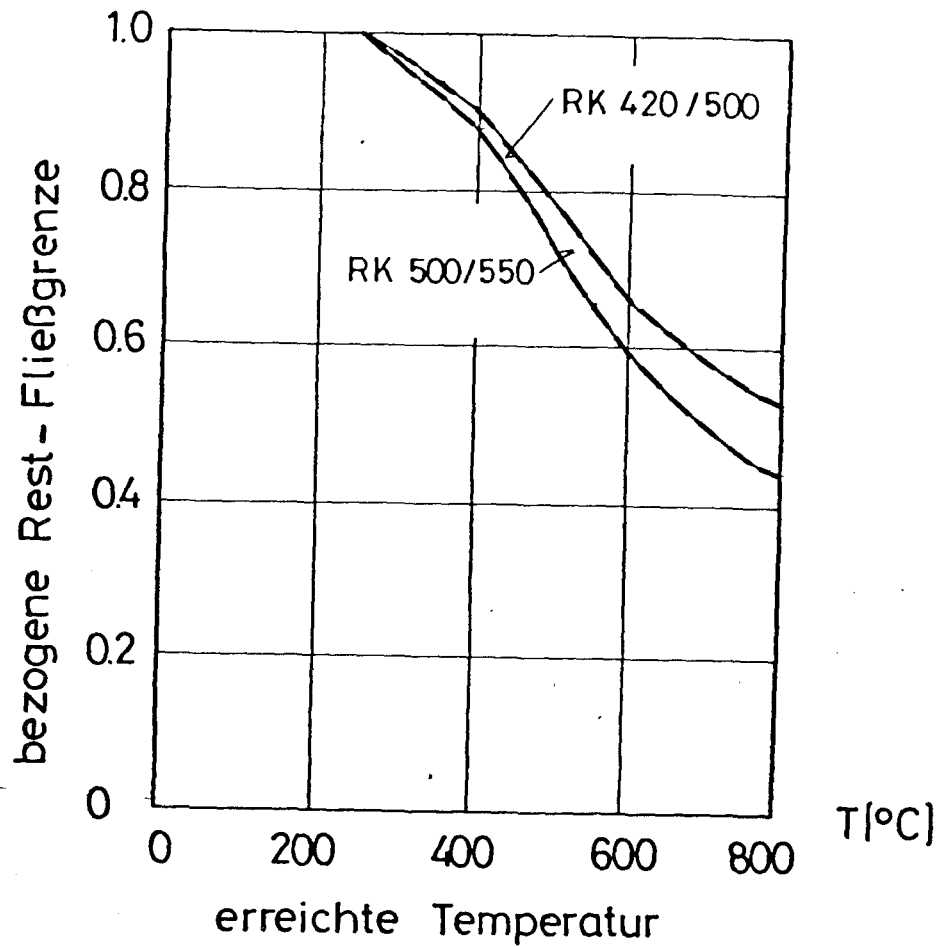


Bild 5.1: bleibender Festigkeitsverlust durch Wärmebeanspruchung von kaltverformten Betonstählen; Einwirkungszeit der jeweiligen Maximaltemperatur 30 min

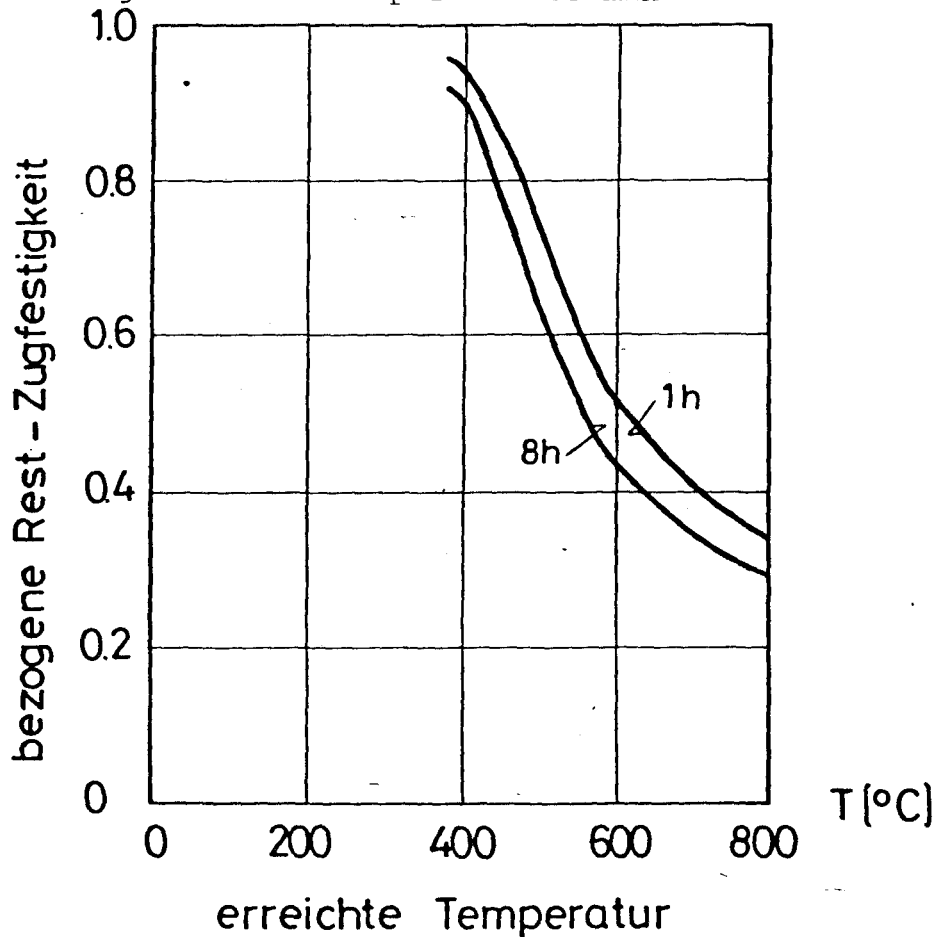


Bild 5.2: bleibender Festigkeitsverlust durch Wärmebeanspruchung von hochfestem Spannstahl US-amerikanischer Herkunft; Einwirkungszeit der jeweiligen Maximaltemperatur 1 bzw. 8 Stunden

Die aktuelle mechanische Beanspruchung des Stahls (Spannungsausnutzung) während des Brandes beeinflusst die Restfestigkeit zusätzlich, und zwar günstig. Es ist daher durchaus möglich, daß die bei Einzeluntersuchungen festgestellten Werte beträchtlich von denen nach den Bildern 5.1 und 5.2 abweichen.

Zu beachten ist, daß randnahe und besonders ecken-nahe Bewehrungs- oder Spannstähle der Erwärmung beim Brand stärker ausgesetzt sind als Stähle, die weiter im Innern des Querschnitts liegen. Die Isothermenbilder des Abschnitts 4 zeigen das deutlich.

5.3 Verbund

Die Verbundfestigkeit zwischen Beton und Bewehrung wird durch Wärmeeinwirkung beeinträchtigt. Bisher durchgeführte Forschungsarbeiten behandeln allerdings nur den heißen Zustand. Es muß jedoch damit gerechnet werden, daß bei vorherigem Erreichen von $\sim 400^{\circ}\text{C}$ in der Kontaktzone zwischen Stahl und Beton bleibende Schädigungen auftreten, die ins Gewicht fallen. Bild 5.3 gibt Meßergebnisse von Proben, die im heißen Zustand einem Ausziehversuch unterworfen waren, wieder. Die oberen (günstigeren) Werte wurden an Kalksteinbetonen gewonnen, die unteren gehören zu quarzitischen Betonen. Der Einbruch der Verbundfestigkeit im Bereich zwischen ~ 100 und 200°C kann als reversibel angesehen werden.

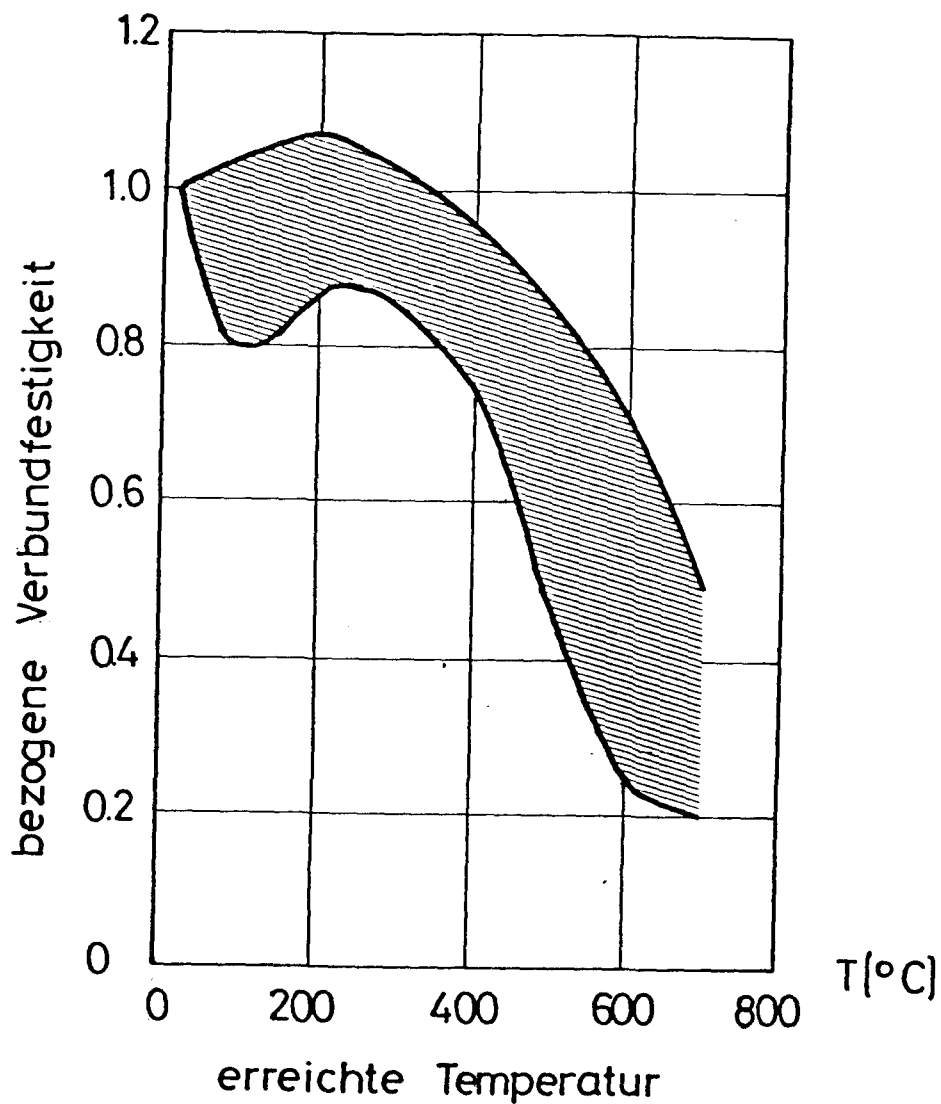


Bild 5.3: Verlust der Verbundfestigkeit bei Einwirkung erhöhter Temperatur (heißer Zustand)

5.4 Vorspannung

Die Vorspannkraft, die unter Brandeinwirkung stark abnimmt, wird während des Erkalts zu einem kleinen Teil wieder aufgebaut. Davon gibt Bild 5.4 einen Eindruck, das US-amerikanische Versuchsergebnisse an 9 mm hochfesten Spanndrähten darstellt [1]. Kurve "a" zeigt die bezogene Vorspannkraft im heißen Zustand, Kurve "b" die Werte nach dem Wiedererkalten.

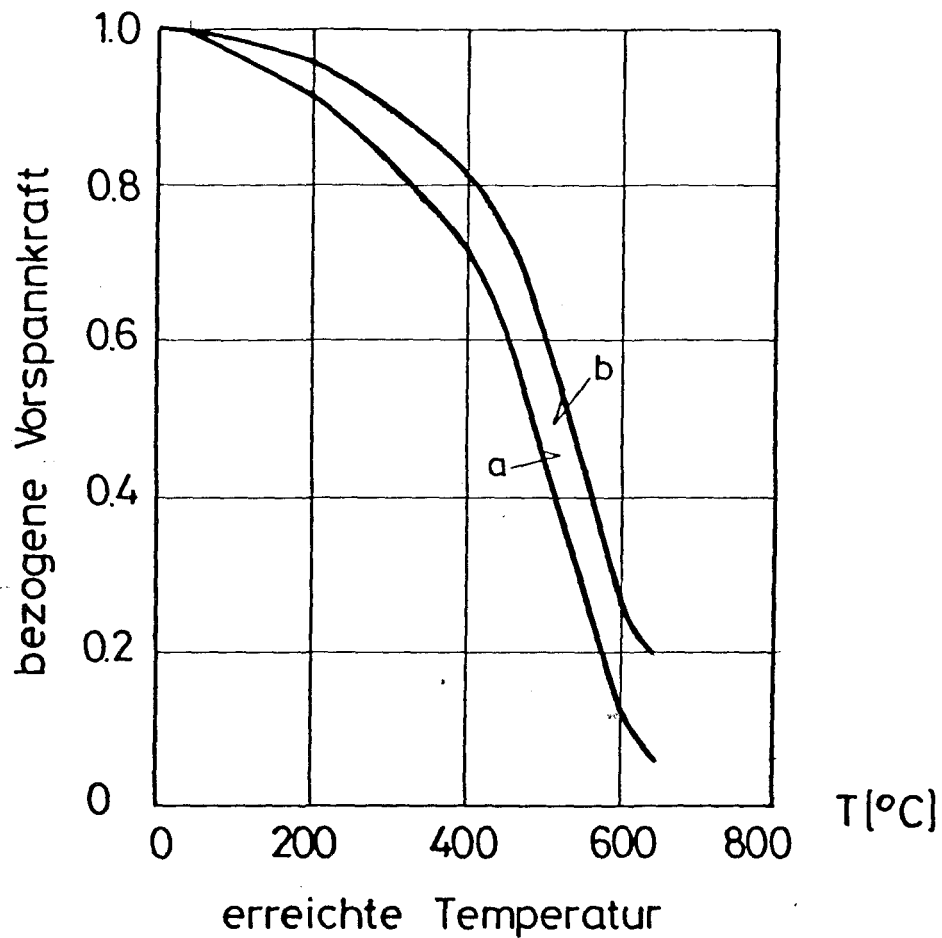


Bild 5.4: Abfall der Vorspannkraft unter erhöhter Temperatur (a) und nach dem Wiedererkalten (b)

5.5 Chemische Einflüsse

Bei Schadenfeuern können aus dem Brandgut korrosive Zersetzungsprodukte freiwerden, die sich auf den Bauteiloberflächen absetzen und in den Betonquerschnitt eindringen können. Insbesondere besteht diese Gefahr, wenn größere Mengen PVC am Brand beteiligt waren, die Salzsäure freisetzen [15]. Folgeschäden, die durch Korrosion der Bewehrung entstehen können, wenn die Gefahr nicht rechtzeitig erkannt wird, sollten nicht unterschätzt werden.

5.6 Abplatzungen, Zermürbung, Risse, Verformungen

Abplatzungen, wie sie im Abschnitt 2.3 beschrieben sind, sind in geringerem oder größerem Umfang immer zu erwarten.

Zermürbung des Betons oder Lockerung bzw. Ablösen größerer Brocken tritt vor allem an Ecken und Kanten der Betonbauteile auf.

Risse müssen in allen Bereichen, nicht nur in der Biegezugzone, gesucht werden.

Die bleibenden Verformungen sind weitgehend vom statischen System der tragenden Konstruktion abhängig, und die Entscheidung, wie weit sie tolerabel sind, muß auch in erster Linie unter Berücksichtigung dieses Systems getroffen werden.

6. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit soll zur Unterstützung eines Ingenieurs dienen, der nach einem Schadenfeuer in einem Stahlbeton- oder Spannbetonbau entscheiden soll, ob die Konstruktion wiederverwendbar, ggf. nach Sanierung, ist oder ein Abbruch in Frage kommt.

Dazu enthält die Arbeit zunächst einen Katalog von Indizien, die bei der Besichtigung einer Schadenstelle angetroffen werden können, und aus denen Schlüsse auf die Brandintensität und die möglichen Schäden an den Bauteilen zu ziehen sind. Dazu werden etwaige Reste der Brandlast, der Zustand von Ausbaumaterialien, sowie der offensichtliche Zustand der Betonbauteile selbst herangezogen.

Im zweiten Hauptteil der Arbeit werden auf der Grundlage zweier Versuchsreihen - Metz und Lehrte -, welche Temperatur-Zeitverläufe in Brandräumen bei Abbrand von Holzkrippen oder Mobiliar lieferten, Temperaturfelder zusammengestellt für quadratische Betonquerschnitte (Stützen) bei vierseitigem Brandangriff und für Rechteck- und Plattenbalkenquerschnitte bei dreiseitigem Brandangriff. Es wurde Normalbeton mit quarzitischem Zuschlag unterstellt.

Die bei den Versuchen zur Verfügung stehenden Brandräume hatten etwa die Größe von normalen Wohnräumen. Da bis heute keine Untersuchungen darüber vorliegen, bis zu welchen Brandraumgrößen etwa

gleiche Temperaturentwicklung bei sonst vergleichbaren Verhältnissen (Brandlast, Ventilation) vorausgesetzt werden darf, muß bei der Beurteilung von Brandraumtemperaturen in großen Räumen besondere Vorsicht walten. Bei Räumen, die größer als etwa 500 m³ sind, kann der Gebrauch der angebotenen Brandraumtemperaturen in den Räumen vorläufig nicht empfohlen werden.

Es stellte sich heraus, daß bei vergleichbarer Brandraumgröße, gleicher Brandlast und etwa gleichen Ventilationsbedingungen, aber unterschiedlichen thermischen Eigenschaften der Umschließungsbau-
teile beträchtliche Unterschiede in der Temperaturentwicklung im Brandraum wie auch in Betonquerschnitten auftraten. Daher wird empfohlen, in Zweifelsfällen die Resultate, welche die strengere Beanspruchung ergeben (Grundlage Metz) zu verwenden.

Sowohl in Metz wie auch in Lehrte ergab die Ventilationsbedingung

$$A_F/A_W = 0,25$$

(A_F - Öffnungsfläche in der Frontseite der
Brandkammer,
 A_W - Gesamtfläche der Frontseite der
Brandkammer)

die schärfsten Beanspruchungen.

Zur Entscheidungshilfe für die Gesamtbeurteilung wurden der Arbeit kurzgefaßte Informationen über bleibende Veränderungen der Baustoffe und Bauteile infolge Temperatureinwirkung angefügt.

7. Literatur

- [1] Abrams, M.S. und Cruz, C.R.:
The behaviour at high temperature of steel strand for
prestressed concrete. Portland Cement Ass., Skokie, Ill.
1961
- [2] Abrams, M.S. und Erlin, B.:
Estimating post-fire strength and exposure temperature of
prestressing steel by a metallographic method.
Portland Cement Ass., Skokie, Ill., 1967
- [3] Arnault, P., et al.:
Rapport Experimental sur les Essais avec des Feux Naturels
executes dans la petite Installation
- [4] anonym:
Assessment of fire-damaged concrete structures and repair
by gunite. Concrete Society,
Techn. Report Nr. 15, London, 1978
- [5] Bechtold, R.:
Tragverhalten von Außenstützen unter Brandbeanspruchung.
Bericht des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz
der Technischen Universität Braunschweig, 1979.
- [6] Bechtold, R.:
Zur thermischen Beanspruchung von Außenstützen im Brandfall.
Dissertation Technische Universität Braunschweig, 1977
- [7] Bechtold, R., Ehlert, K.P. und Wesche, J.:
Brandversuche an einem zum Abbruch bestimmten, viergeschossi-
gen modernen Wohnhaus in Lehrte.
Bericht des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz
der Technischen Universität Braunschweig, 1977
- [8] Dayon, A. et al.:
Radiant heating from a cylindrical fire column.
Report No. WCB FRG 75-4, University of California, 1975.
- [9] Haksever, A.:
Stahlbetonstützen mit Rechteckquerschnitten bei natürlichen
Bränden (Bericht in Vorbereitung).

- [10] Harmathy, T.Z.:
A new look at compartments Fires, Part I,
Fire Techn. Vol. 8 No. 3, 1972

- [11] Herschermann, F., et al.:
Erhebungen über Brandverlauf und Schäden bei Großbränden,
Bericht des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz
der Technischen Universität Braunschweig (in Vorbereitung)

- [12] Kordina, K., Krampf, L. und Meyer-Ottens, C.:
Das Brandverhalten von Holzbauteilen.
Holzbau-Taschenbuch, Verlag W. Ernst & Sohn, Berlin, 1974

- [13] Kordina, K. et al.:
Jahresbericht 1975/77 des Sonderforschungsbereichs 148
"Brandverhalten von Bauteilen".
Technische Universität Braunschweig, 1977

- [14] Kordina, K. und Meyer-Ottens, C.:
Beton-Brandschutz-Handbuch.
Betonverlag, Veröffentlichung in Vorbereitung.

- [15] Locher, F.W. und Sprung, S.:
Einwirkung von salzsäurehaltigen PVC-Brandgasen auf Beton.
beton Heft 2, 1970

- [16] Meyer-Ottens, C.:
Brandverhalten verschiedener Bauplatten aus Baustoffen der
Klassen A und B.
Die Bauwirtschaft, Heft 6-8, 1969

- [17] Meyer-Ottens, C. und Kordina, K.:
Brandverhalten von Bauteilen aus dampfgehärtetem Gasbeton.
Fachverband Gasbeton, Wiesbaden, 1974

- [18] Meyer-Ottens, C.:
Zur Frage der Abplatzungen an Betonbauteilen aus Normalbeton
bei Brandbeanspruchung.
Deutscher Ausschuß für Stahlbeton, Heft 248, 1977

- [19] Schmidt, E.:
Über die Anwendung der Differenzenrechnung auf technische
Aufheiz- und Abkühlprobleme.
Beitrag zur techn. Mechanik und techn. Physik.
(Föppl-Festschrift), Berlin, 1974

- [20] Schneider, U. und Haksever, A.:
Bestimmung der äquivalenten Branddauer von statisch bestimmt
gelagerten Stahlbetonbauteilen bei natürlichen Bränden.
Technische Universität Braunschweig (1976), CIB W 14/78/1(D)
- [21] Schneider, U. und Haksever, A.:
Wärmebilanzberechnung für Brandräume mit unterschiedlichen
Randbedingungen, Teil I.
Technische Universität Braunschweig, CIB W 14/80/55 (D)
- [22] Schneider, U.:
Effect of fire on concrete.
RILEM-Committee 44-PHT, Draft, 1980
- [23] Twilt, L.:
European Recommendations for fire Safety of building structures.
Part II, Delft, März 1975.
- [24] Roitman, M.:
Grundlagen der Brandschutz-Normierung im Bauwesen.
Berlin, 1972
- [25] Wickström, W.:
TASEF-2. A Computer program for temperature analysis of
structures exposed to fire.

8. Anhang

Bilder zu Abschnitt 4

"Temperaturfelder der Stahlbetonquerschnitte"

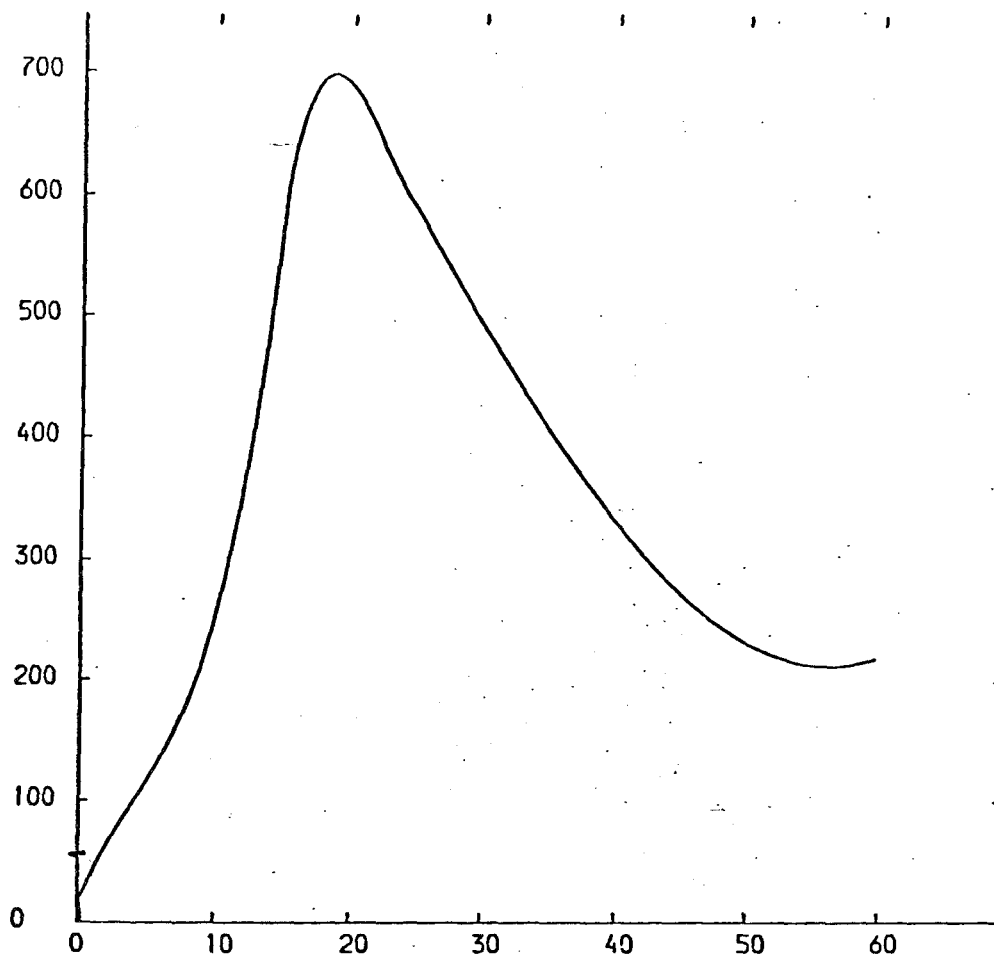


Bild 4.1: Brandraum-Temperaturkurve bei 15 kg/m^2 HGW Brandlast und 25 % Ventilation

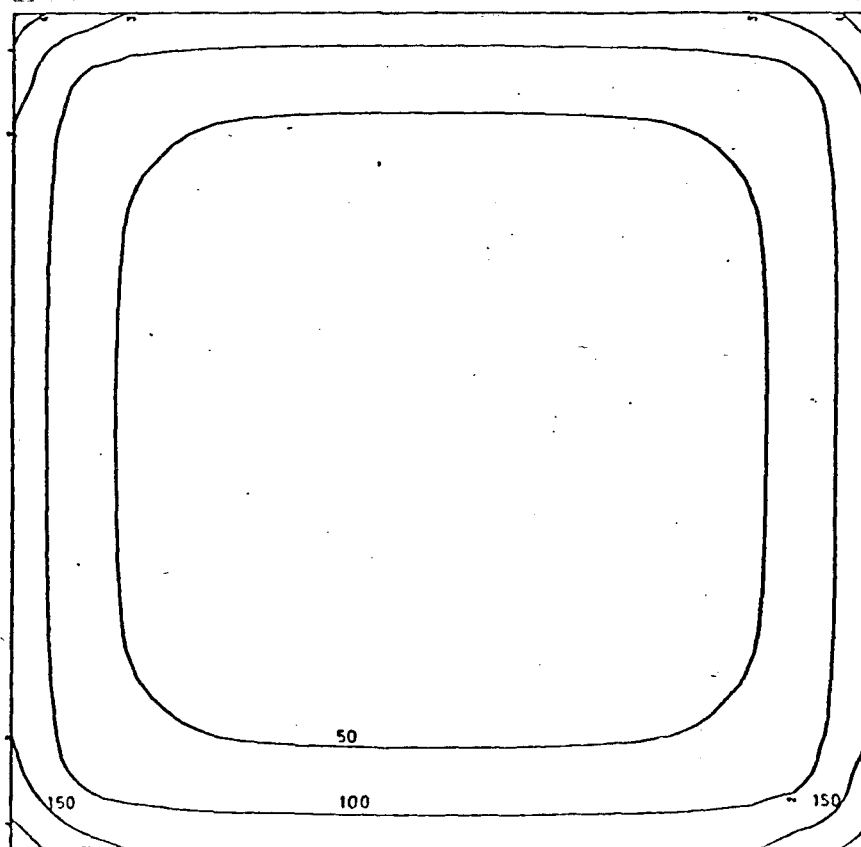


Bild 4.2: Isothermenbilder eines 20/20 Stahlbeton-Querschnitts bei 15 min Branddauer
 Brandlast: 15 kg/m^2 HGW
 Ventilation: 25 %

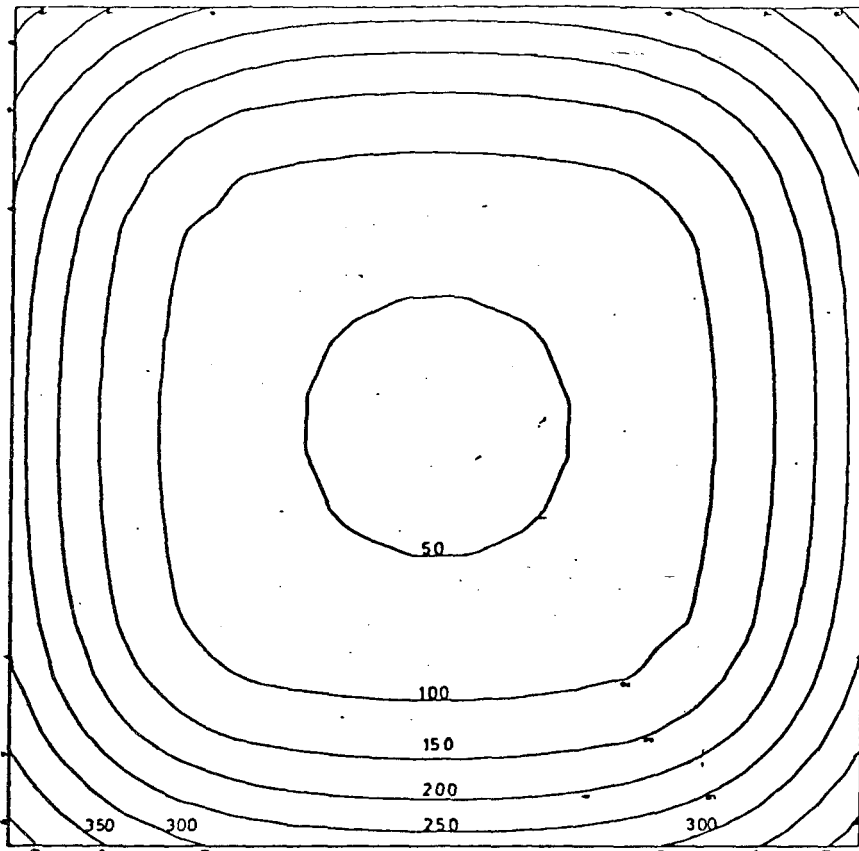


Bild 4.3: Isothermenbilder eines 20/20 Stahlbeton-Querschnitts
bei 30 min Branddauer
Brandlast: 15 kg/m^2 HGW
Ventilation: 25 %

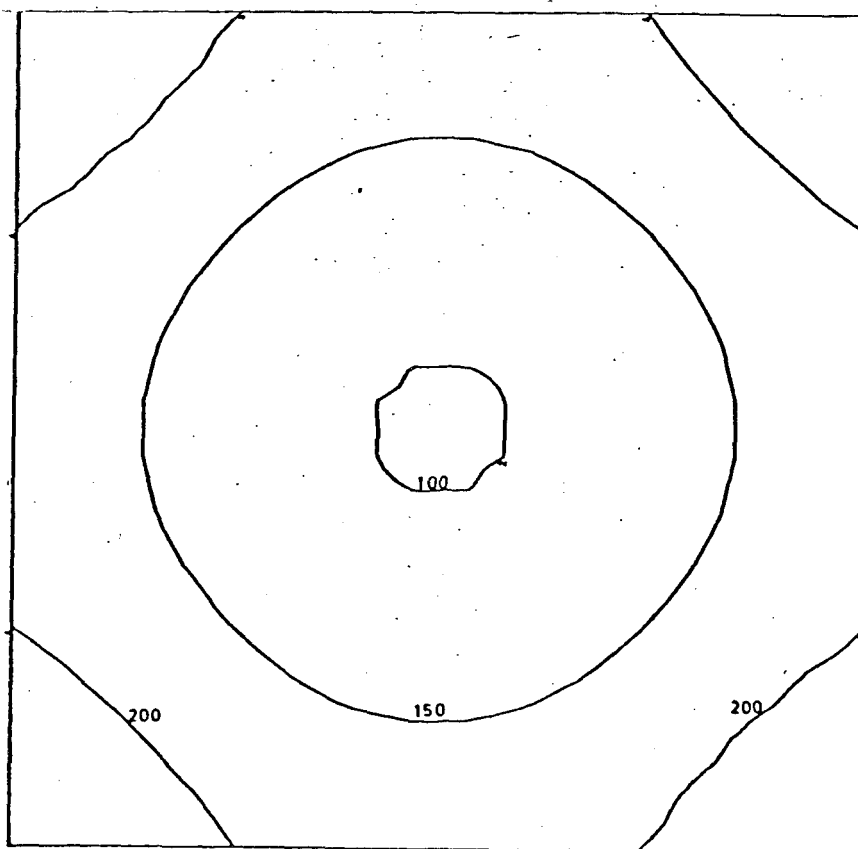


Bild 4.4: Isothermenbilder eines 20/20 Stahlbeton-Querschnitts
bei 60 min Branddauer
Brandlast: 15 kg/m^2 HGW
Ventilation: 25 %

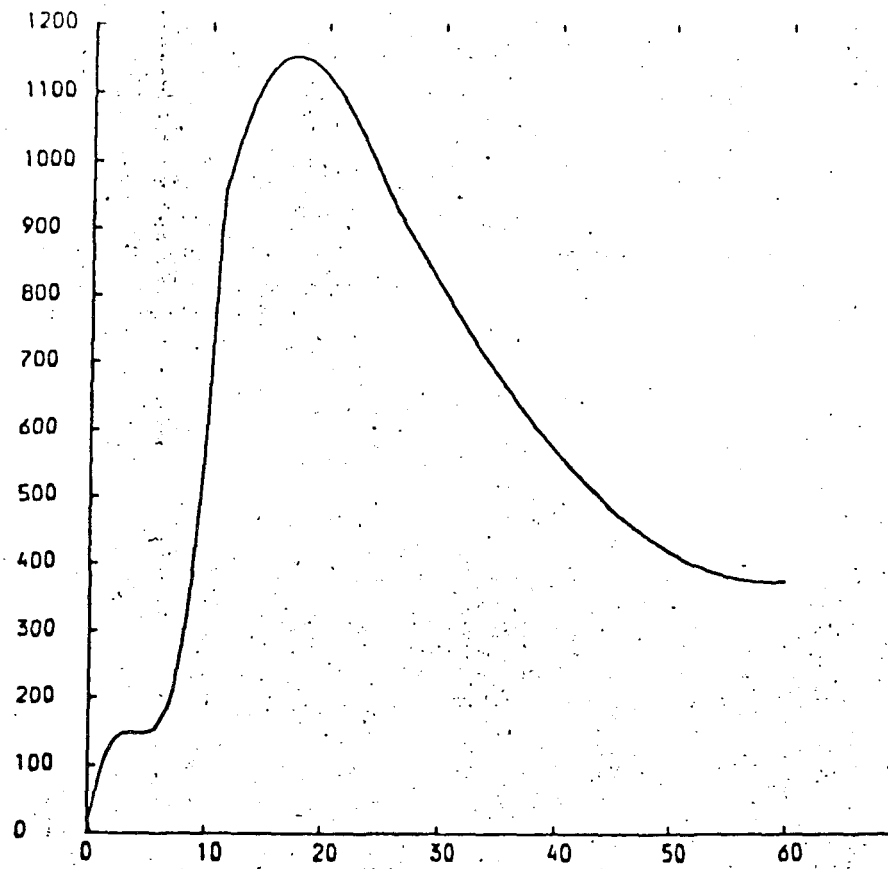


Bild 4.5: Brandraum-Temperaturkurve bei 30 kg/m² HGW Brandlast und 25 % Ventilation

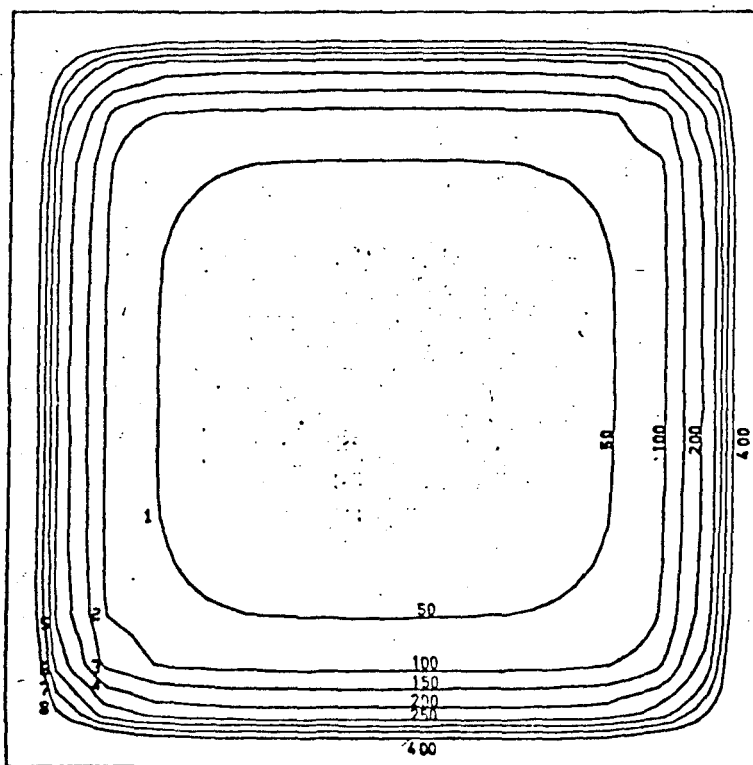


Bild 4.6: Isothermenbilder eines 20/20 Stahlbeton-Querschnitts bei 15 min Branddauer
 Brandlast: 30 kg/m² HGW
 Ventilation: 25 %

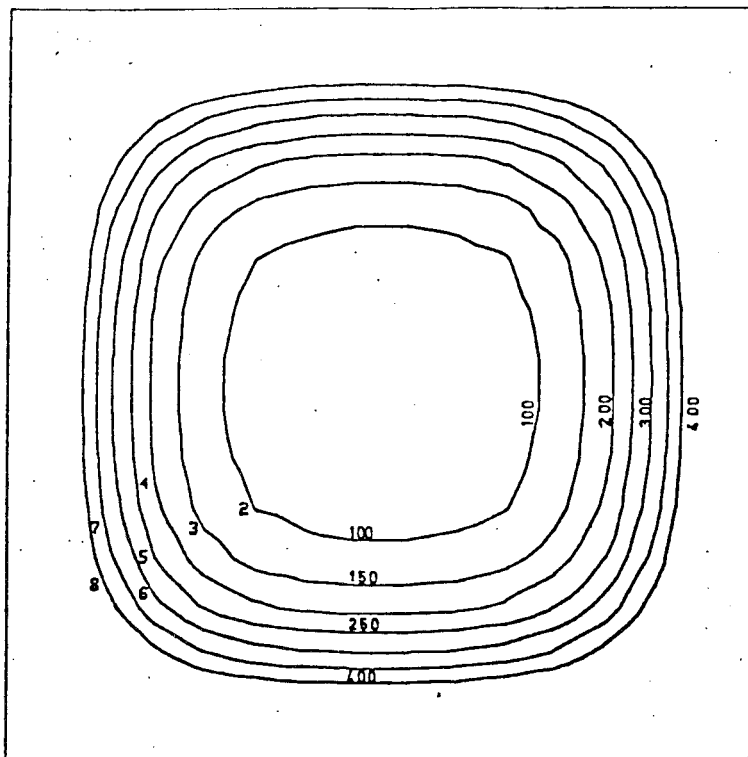


Bild 4.7: Isothermenbilder eines 20/20 Stahlbeton-Querschnitts
bei 30 min Branddauer
Brandlast: 30 kg/m^2 HGW
Ventilation: 25 %

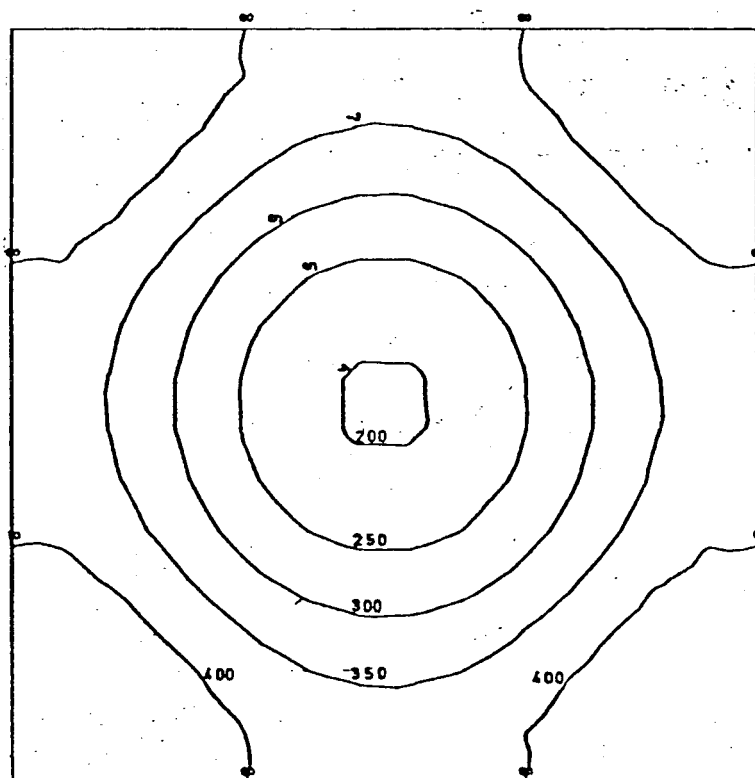


Bild 4.8: Isothermenbilder eines 20/20 Stahlbeton-Querschnitts
bei 60 min Branddauer
Brandlast: 30 kg/m^2 HGW
Ventilation: 25 %

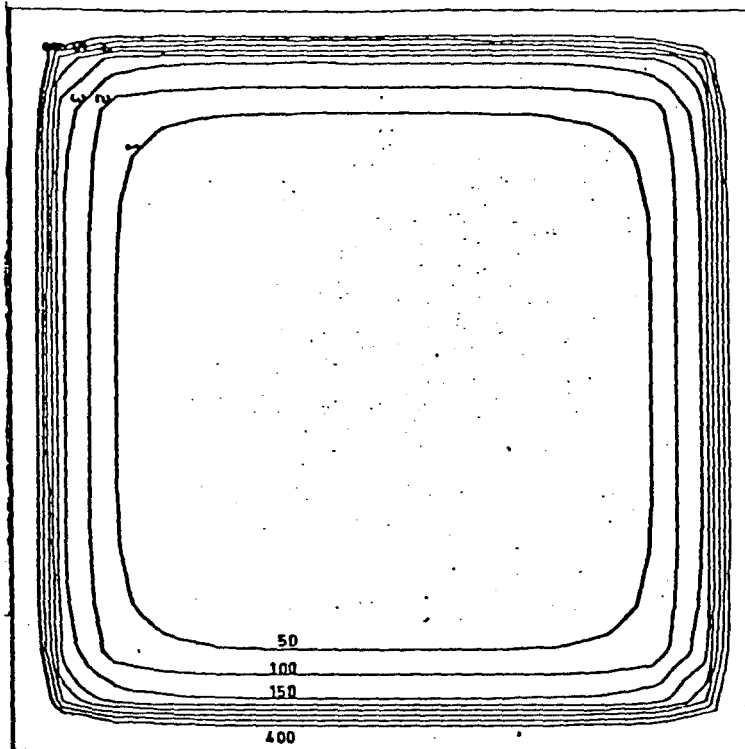


Bild 4.9: Isothermenbilder eines 30/30 Stahlbeton-Querschnitts
bei 15 min Branddauer
Brandlast: 30 kg/m² HGW
Ventilation: 25 %

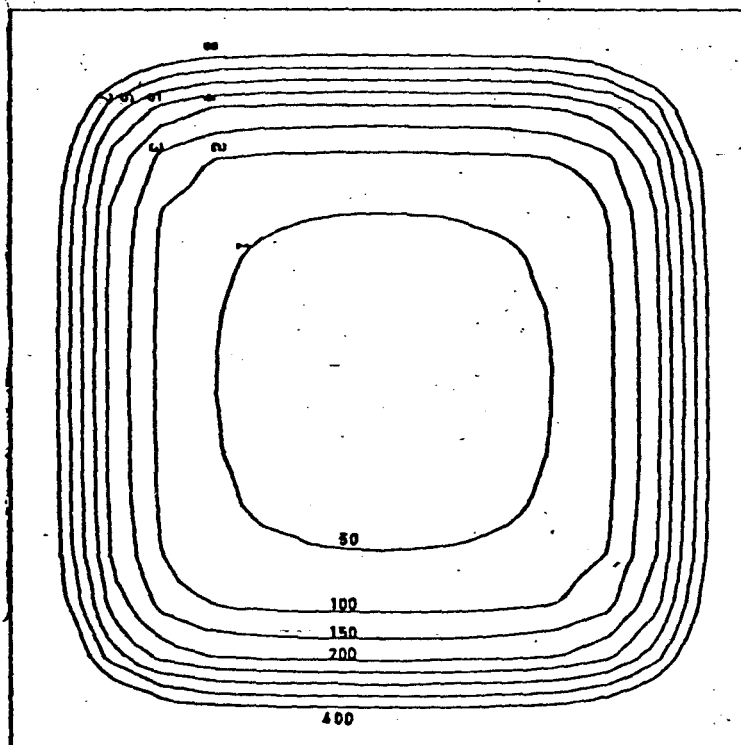


Bild 4.10: Isothermenbilder eines 30/30 Stahlbeton-Querschnitts
bei 30 min Branddauer
Brandlast: 30 kg/m² HGW
Ventilation: 25 %

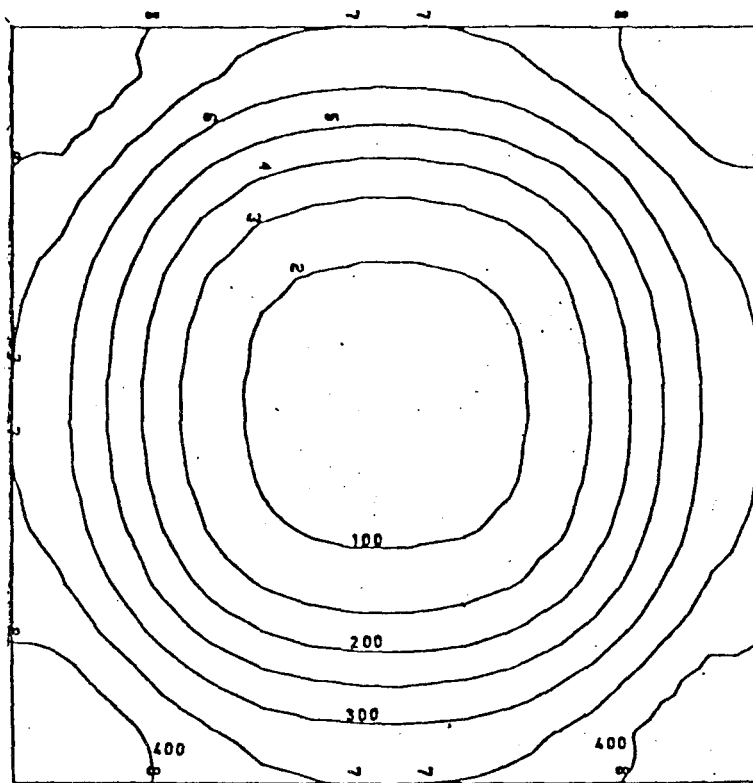


Bild 4.11: Isothermenbilder eines 30/30 Stahlbeton-Querschnitts
bei 60 min Branddauer
Brandlast: 30 kg/m² HGW
Ventilation: 25 %

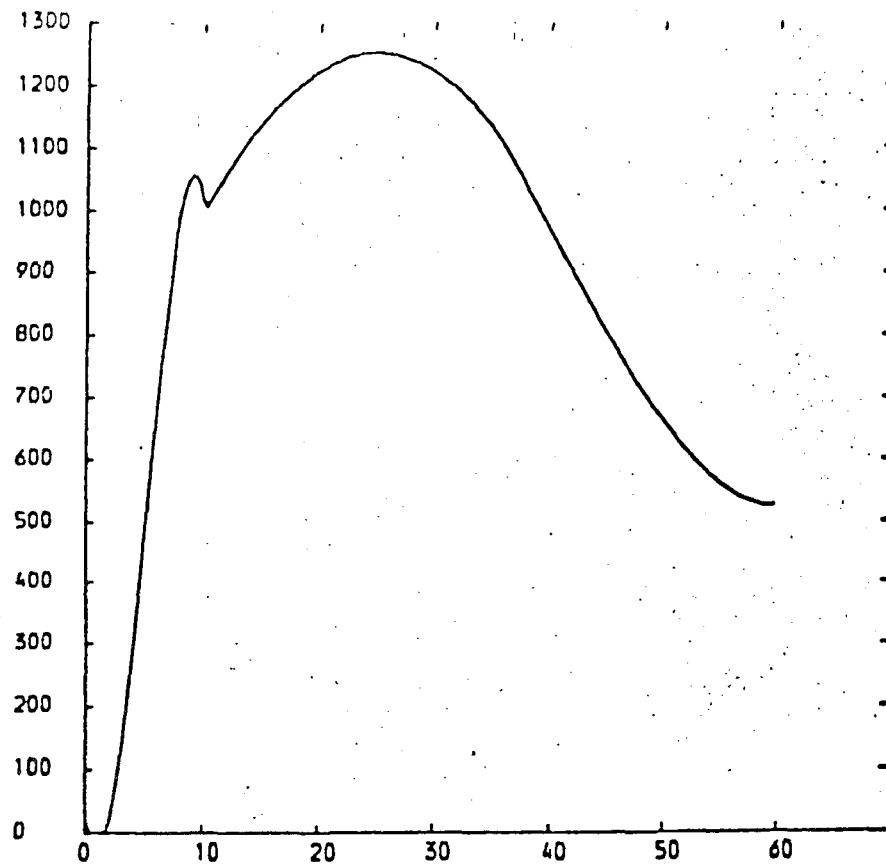


Bild 4.12: Brandraum-Temperaturkurve bei 60 kg/m^2 HGW Brandlast und 25 % Ventilation

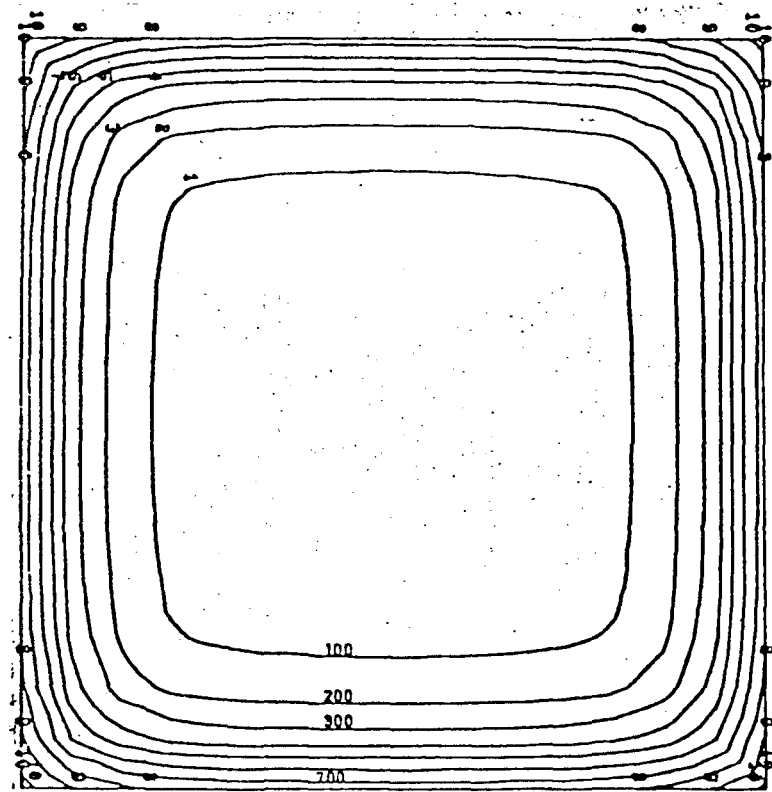


Bild 4.13: Isothermenbilder eines 20/20 Stahlbeton-Querschnitts bei 15 min Branddauer
 Brandlast: 60 kg/m^2 HGW
 Ventilation: 25 %

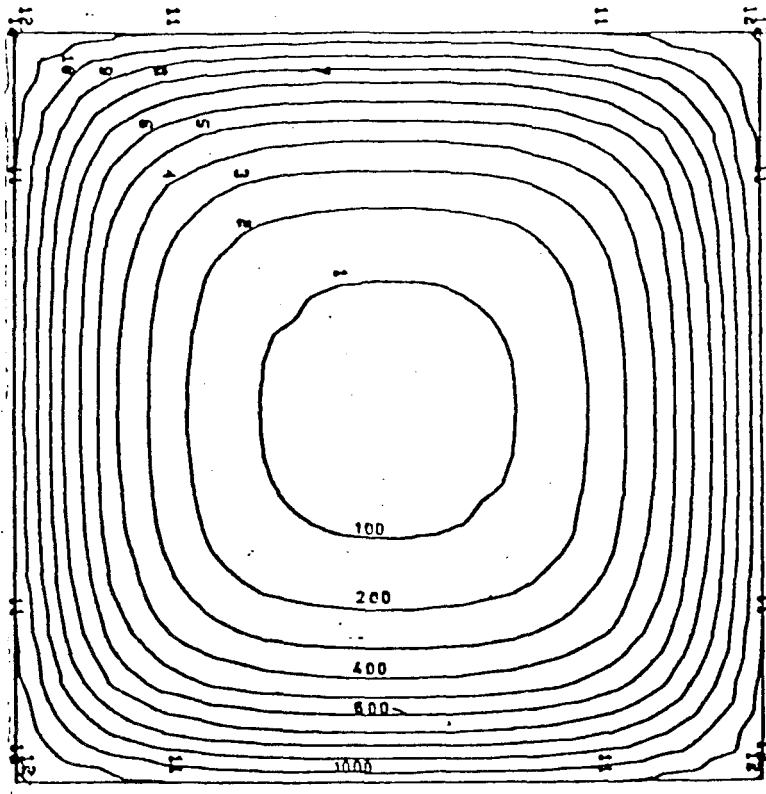


Bild 4.14: Isothermenbilder eines 20/20 Stahlbeton-Querschnitts
bei 30 min Branddauer
Brandlast: 60 kg/m^2 HGW
Ventilation: 25 %

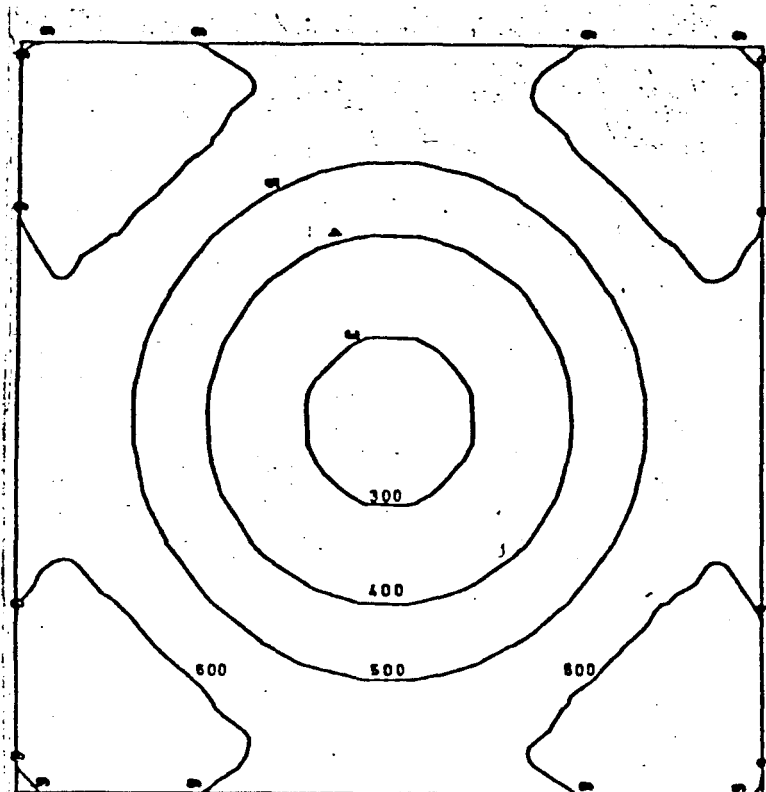


Bild 4.15: Isothermenbilder eines 20/20 Stahlbeton-Querschnitts
bei 60 min Branddauer
Brandlast: 60 kg/m^2 HGW
Ventilation: 25 %

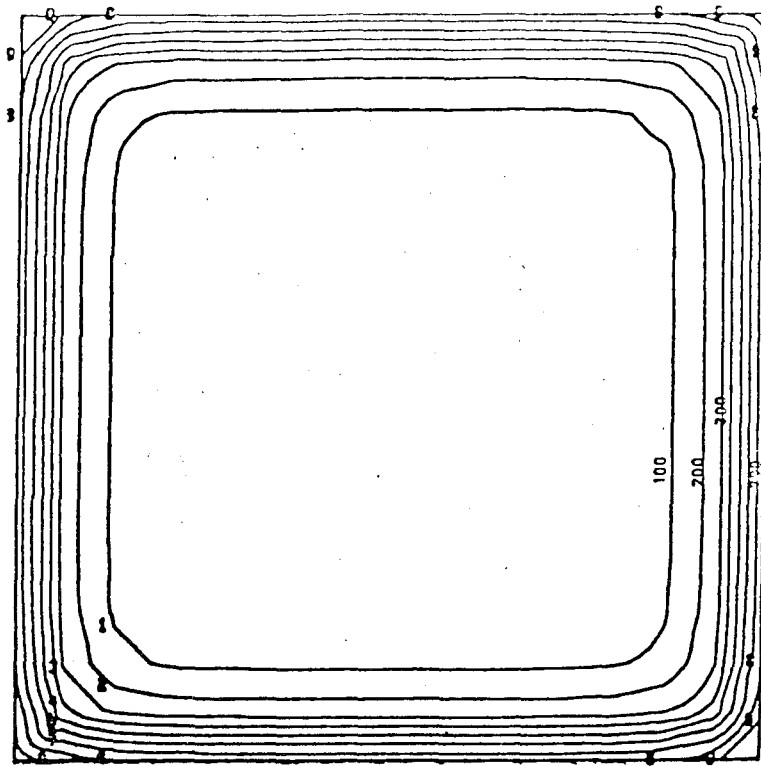


Bild 4.16: Isothermenbilder eines 30/30 Stahlbeton-Querschnitts
bei 15 min Branddauer
Brandlast: 60 kg/m² HGW
Ventilation: 25 %

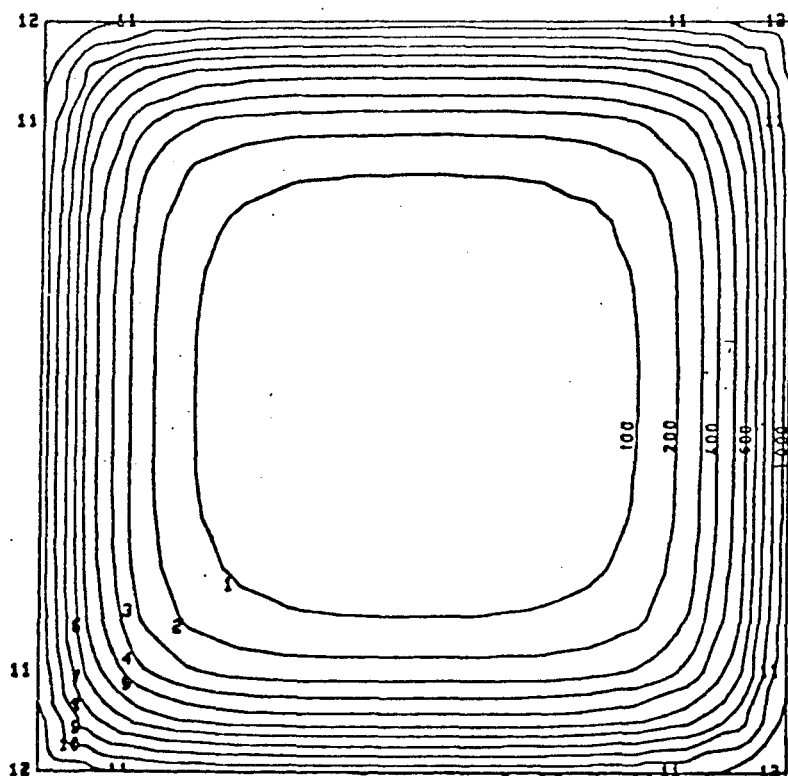


Bild 4.17: Isothermenbilder eines 30/30 Stahlbeton-Querschnitts
bei 30 min Branddauer
Brandlast: 60 kg/m² HGW
Ventilation: 25 %

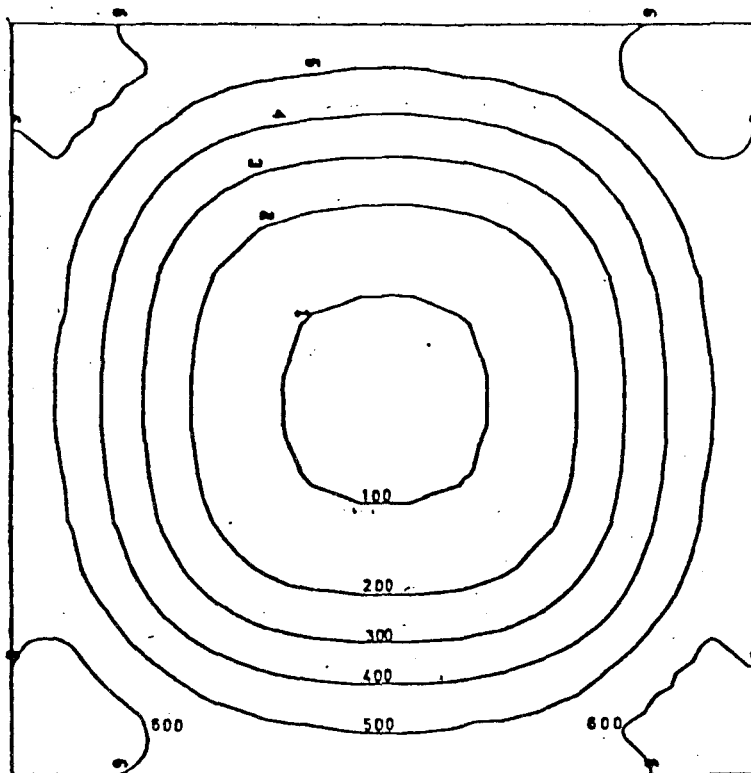


Bild 4.18: Isothermenbilder eines 30/30 Stahlbeton-Querschnitts
bei 60 min Branddauer
Brandlast: 60 kg/m^2 HGW
Ventilation: 25 %

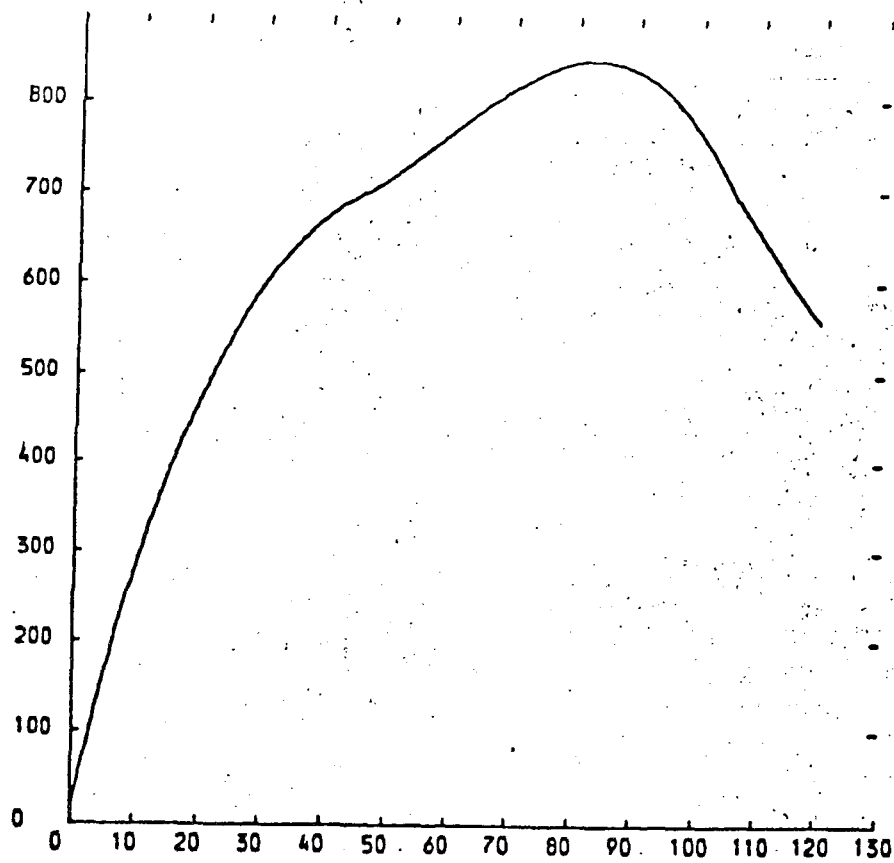


Bild 4.19: Brandraum-Temperaturkurve bei 100 kg/m^2 HGW Brandlast und nicht bekannten Ventilationsbedingungen

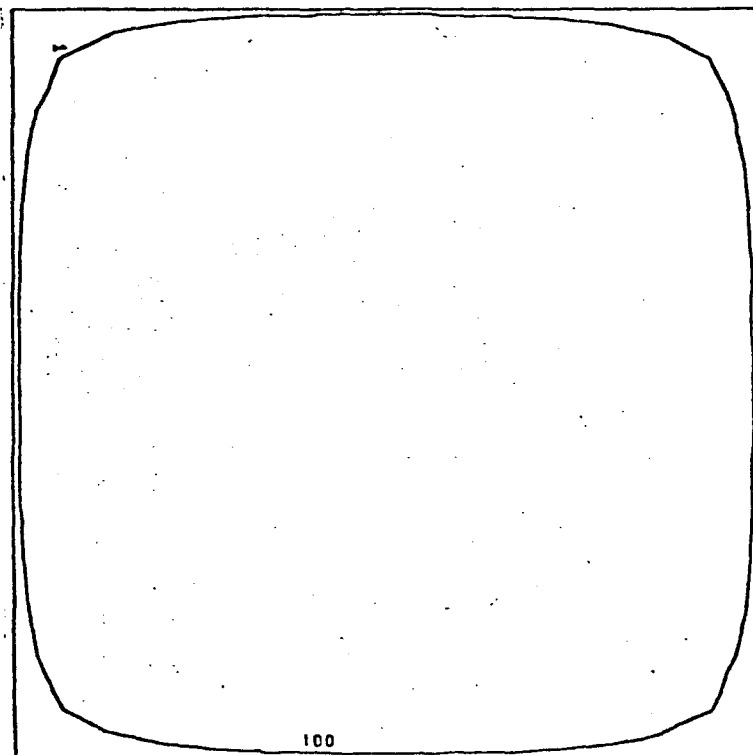


Bild 4.20: Isothermenbilder eines 20/20 Stahlbeton-Querschnitts bei 15 min Branddauer
 Brandlast: 100 kg/m^2 HGW
 Ventilation: 2 %

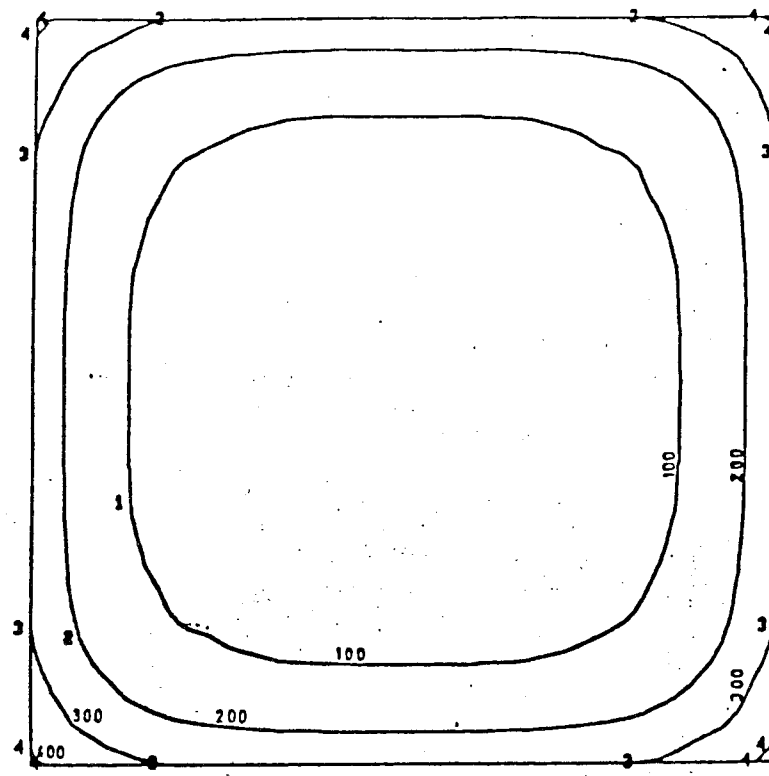


Bild 4.21: Isothermenbilder eines 20/20 Stahlbeton-Querschnitts
bei 30 min Branddauer
Brandlast: 100 kg/m² HGW
Ventilation: ? %

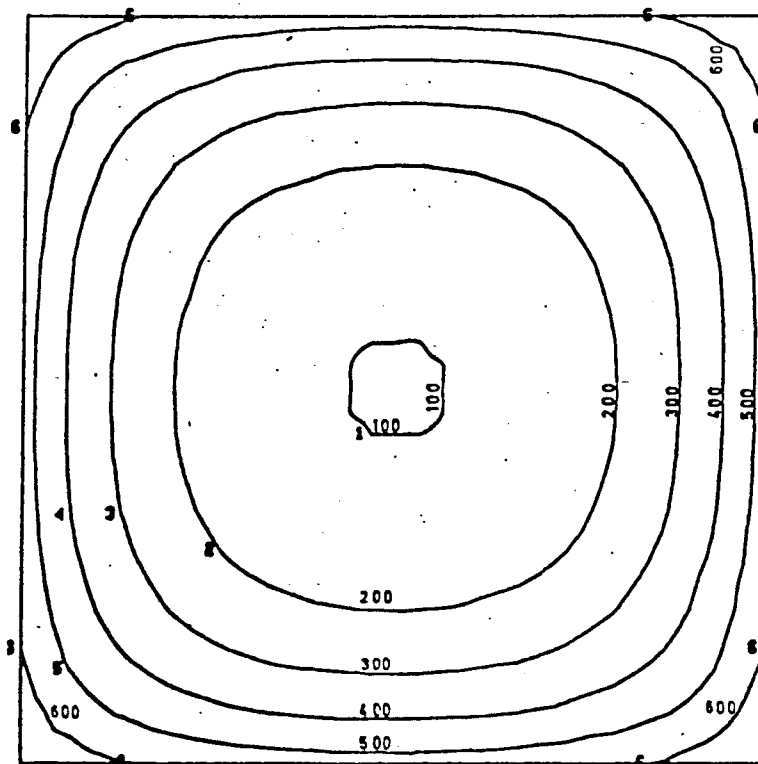


Bild 4.22: Isothermenbilder eines 20/20 Stahlbeton-Querschnitts
bei 60 min Branddauer
Brandlast: 100 kg/m² HGW
Ventilation: ? %

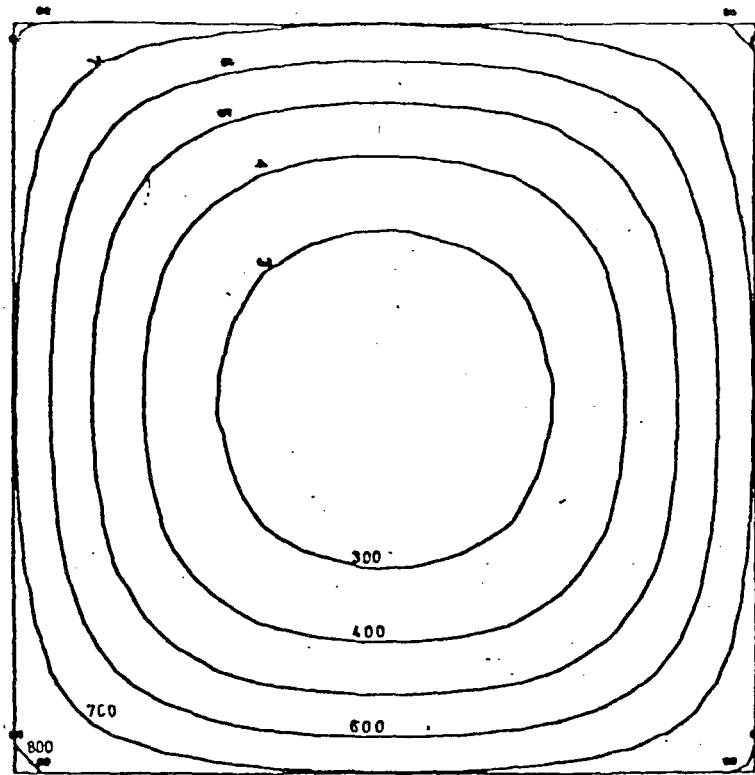


Bild 4.23: Isothermenbilder eines 20/20 Stahlbeton-Querschnitts
bei 90 min Branddauer
Brandlast: 100 kg/m^2 HGW
Ventilation: ? %

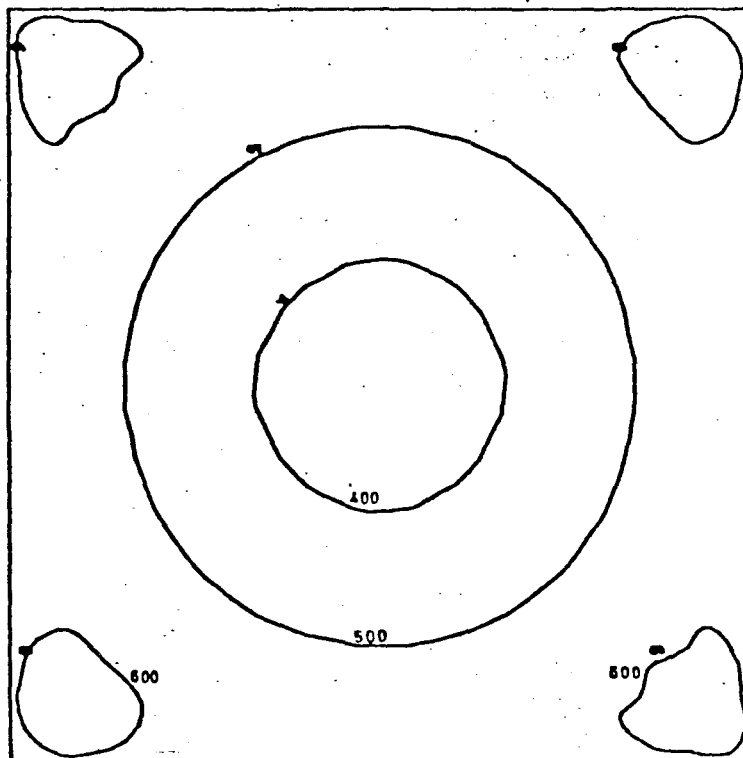


Bild 4.24: Isothermenbilder eines 20/20 Stahlbeton-Querschnitts
bei 120 min Branddauer
Brandlast: 100 kg/m^2 HGW
Ventilation: ? %

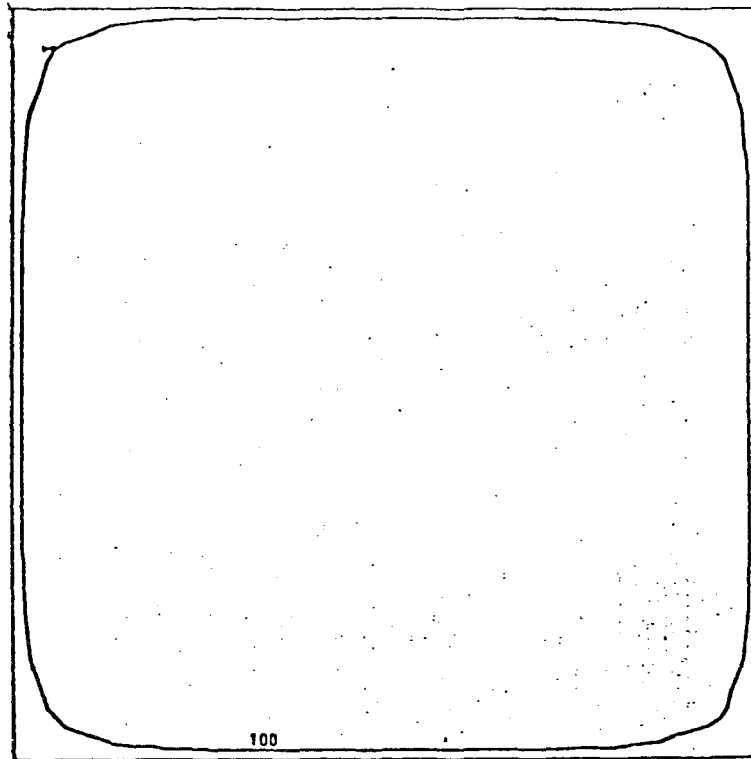


Bild 4.25: Isothermenbilder eines 30/30 Stahlbeton-Querschnitts
bei 15 min Branddauer
Brandlast: 100 kg/m² HGW
Ventilation: 2 %

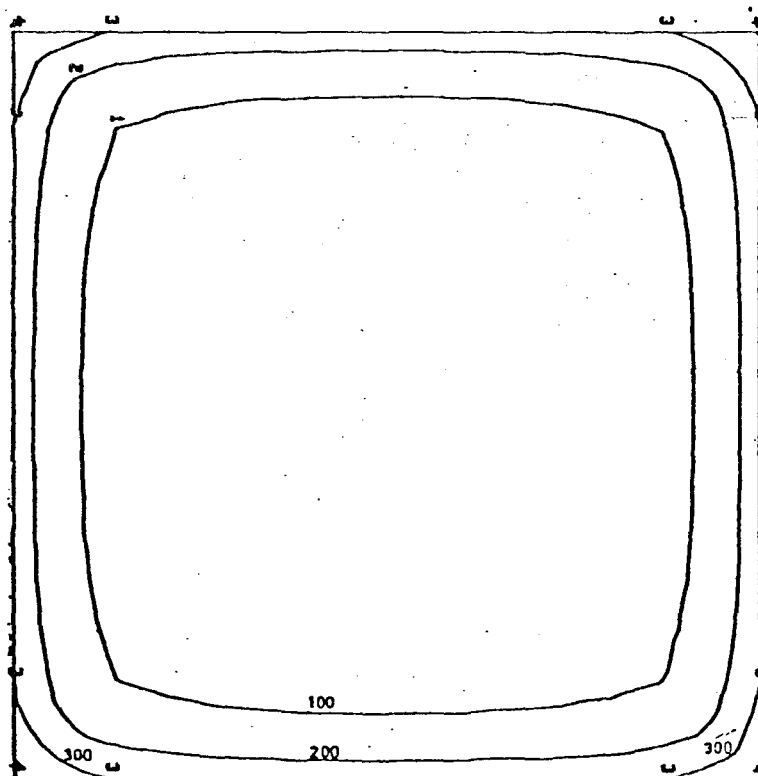


Bild 4.26: Isothermenbilder eines 30/30 Stahlbeton-Querschnitts
bei 30 min Branddauer
Brandlast: 100 kg/m² HGW
Ventilation: 2 %

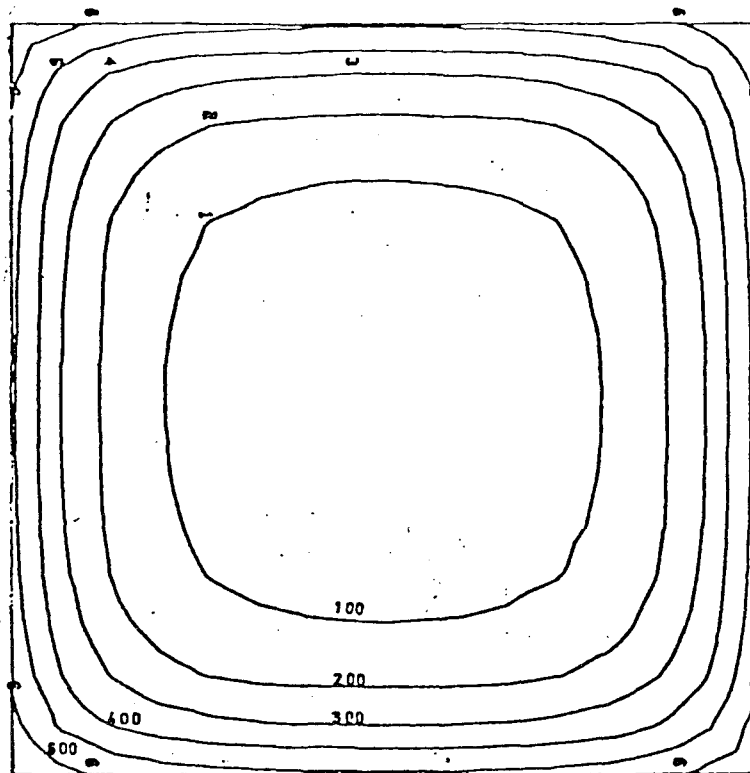


Bild 4.27: Isothermenbilder eines 30/30 Stahlbeton-Querschnitts
bei 60 min Branddauer
Brandlast: 100 kg/m^2 HGW
Ventilation: ? %

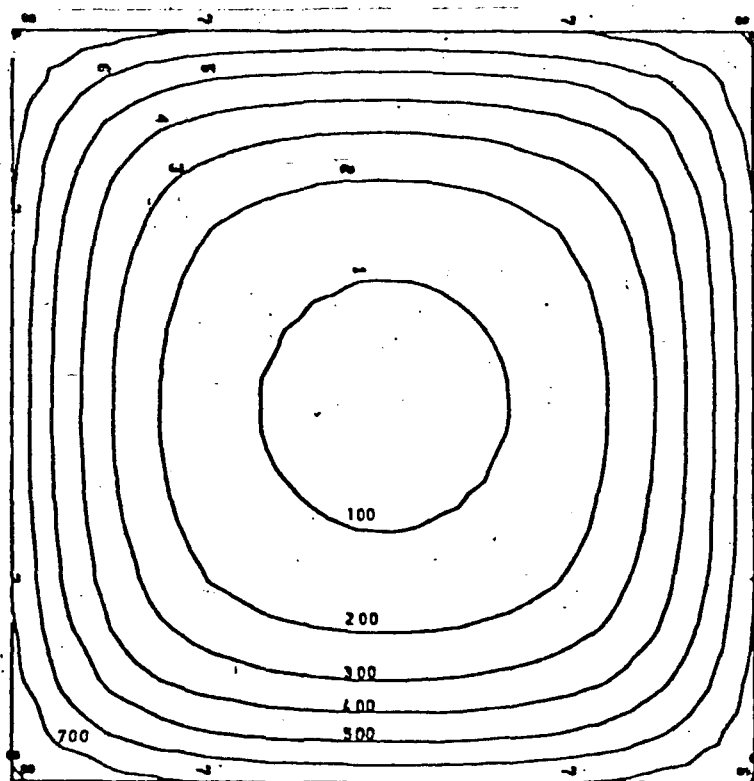


Bild 4.28: Isothermenbilder eines 30/30 Stahlbeton-Querschnitts
bei 90 min Branddauer
Brandlast: 100 kg/m^2 HGW
Ventilation: ? %

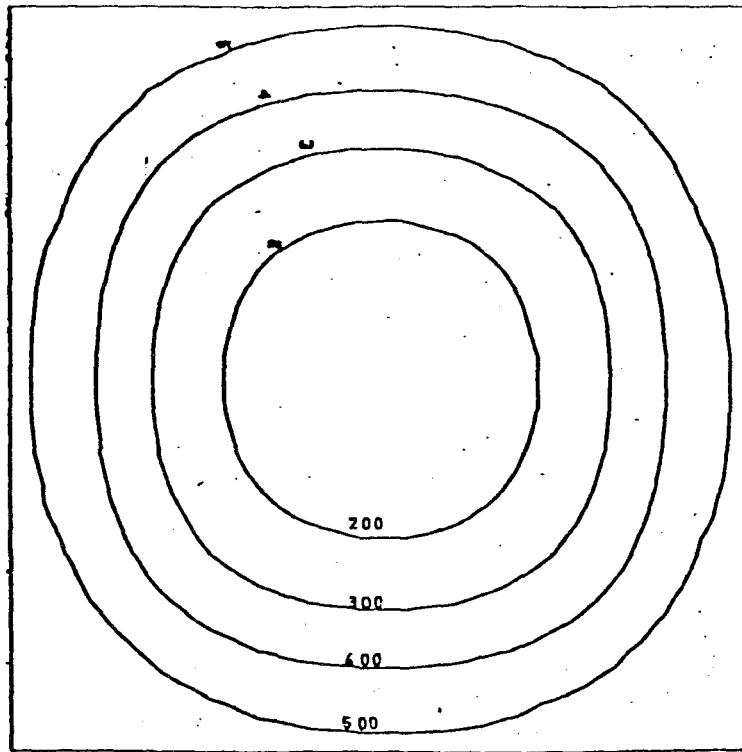


Bild 4.29: Isothermenbilder eines 30/30 Stahlbeton-Querschnitts
bei 120 min Branddauer
Brandlast: 100 kg/m^2 HGW
Ventilation: ? %

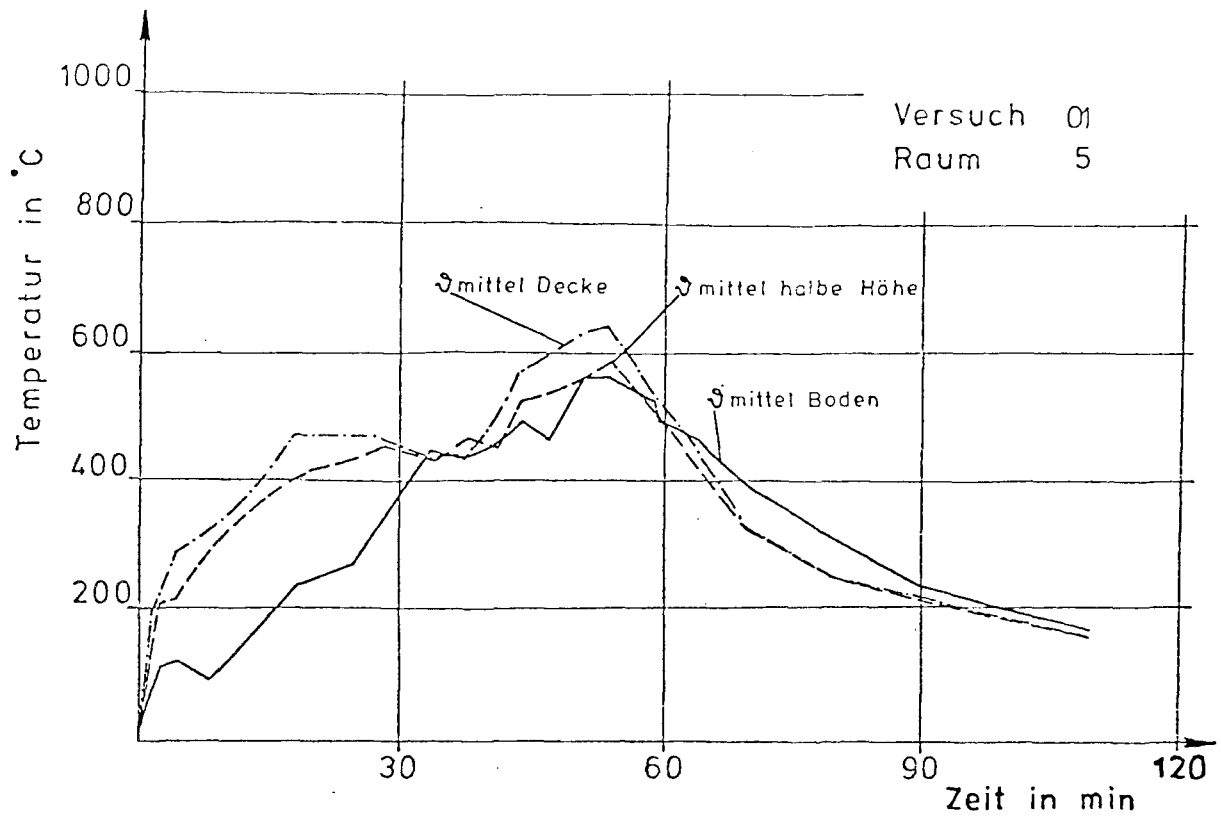
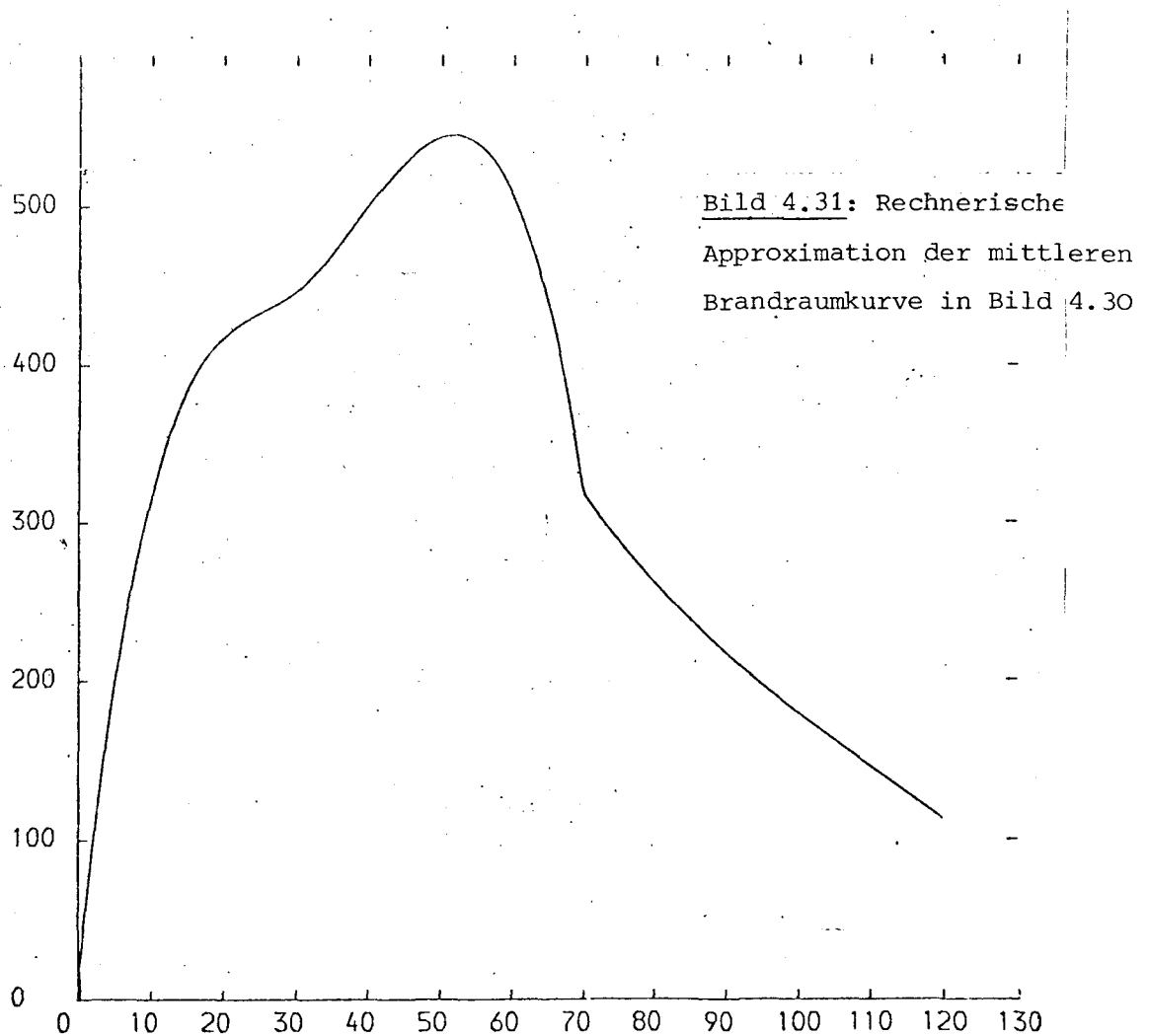


Bild 4.30: Brandraumtemperaturkurve bei 30 kg/m^2 Holzgewicht-Brandlast (HGW) und 15 % Ventilation



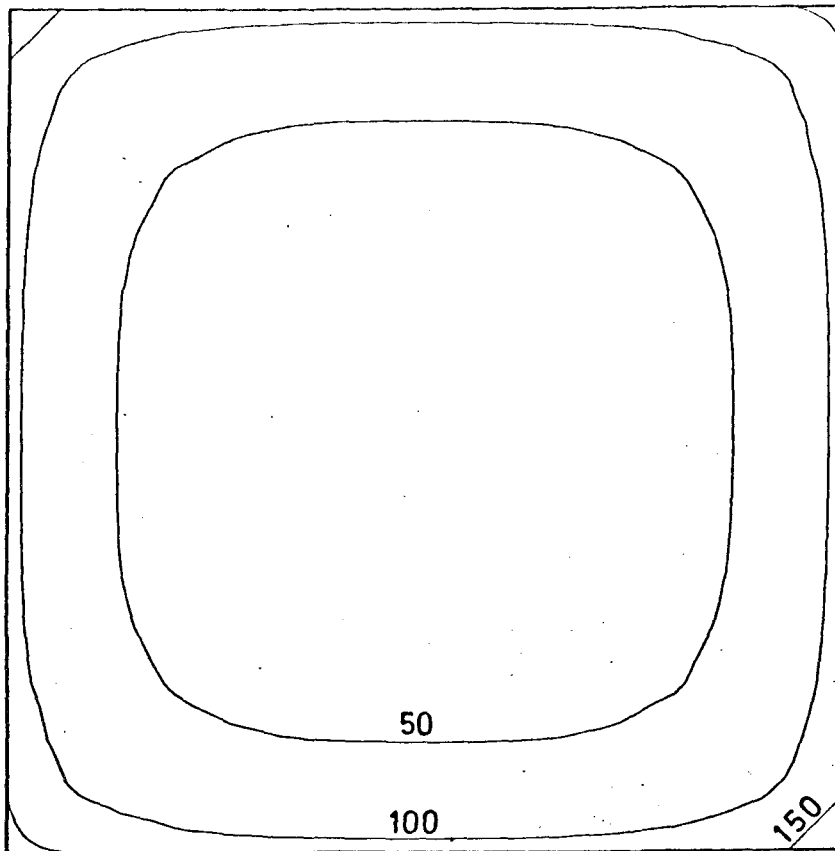


Bild 4.32: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 15 min Branddauer

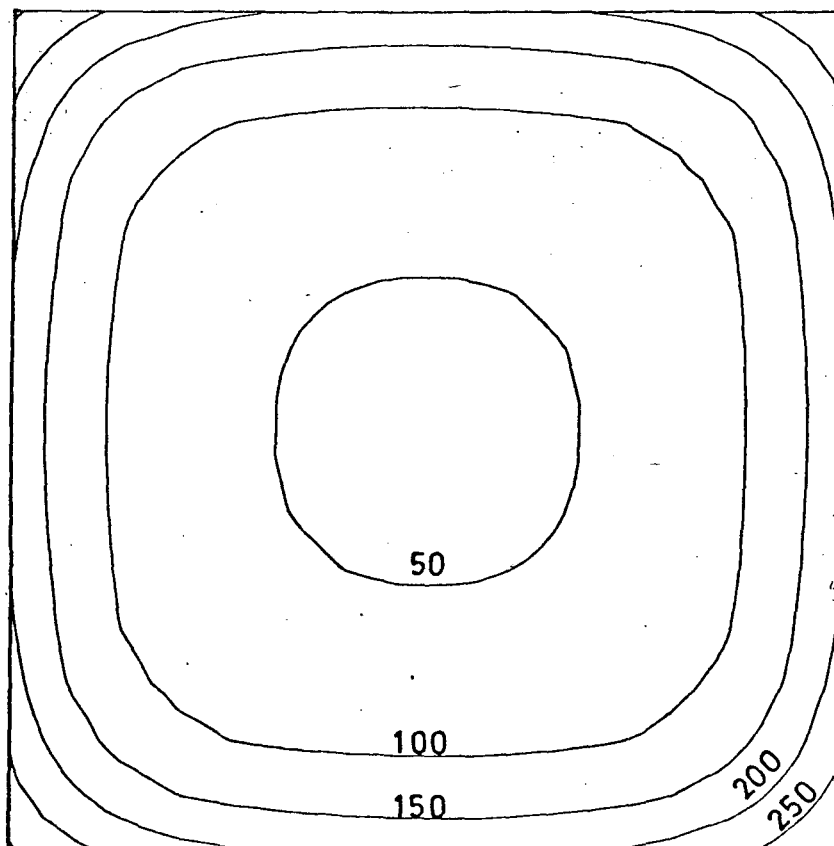


Bild 4.33: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 30 min Branddauer

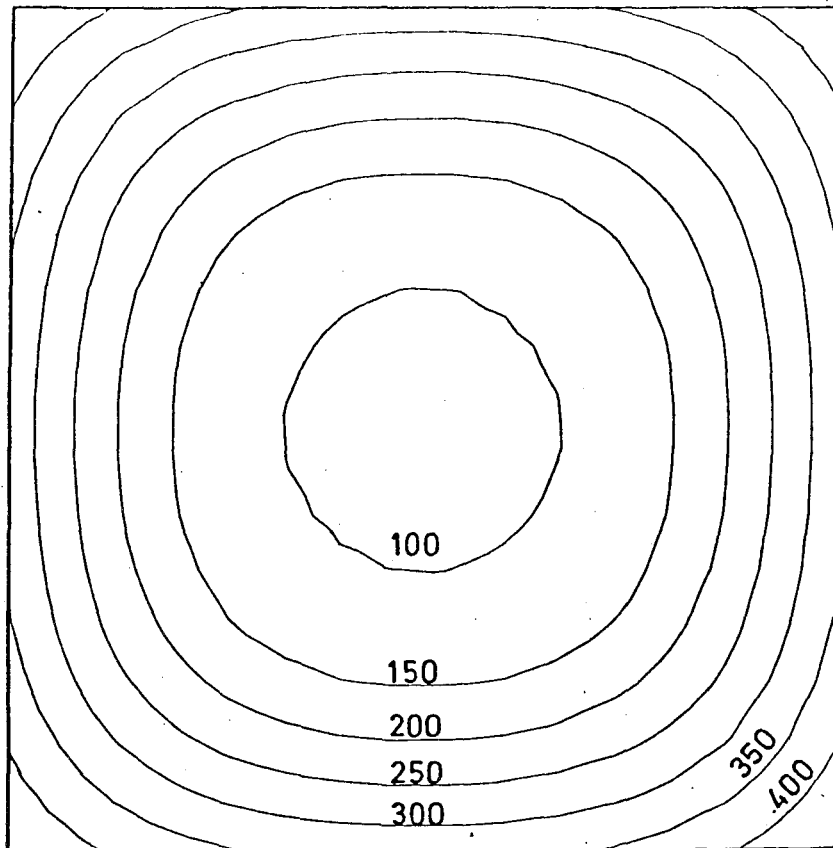


Bild 4.34: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 60 min Branddauer

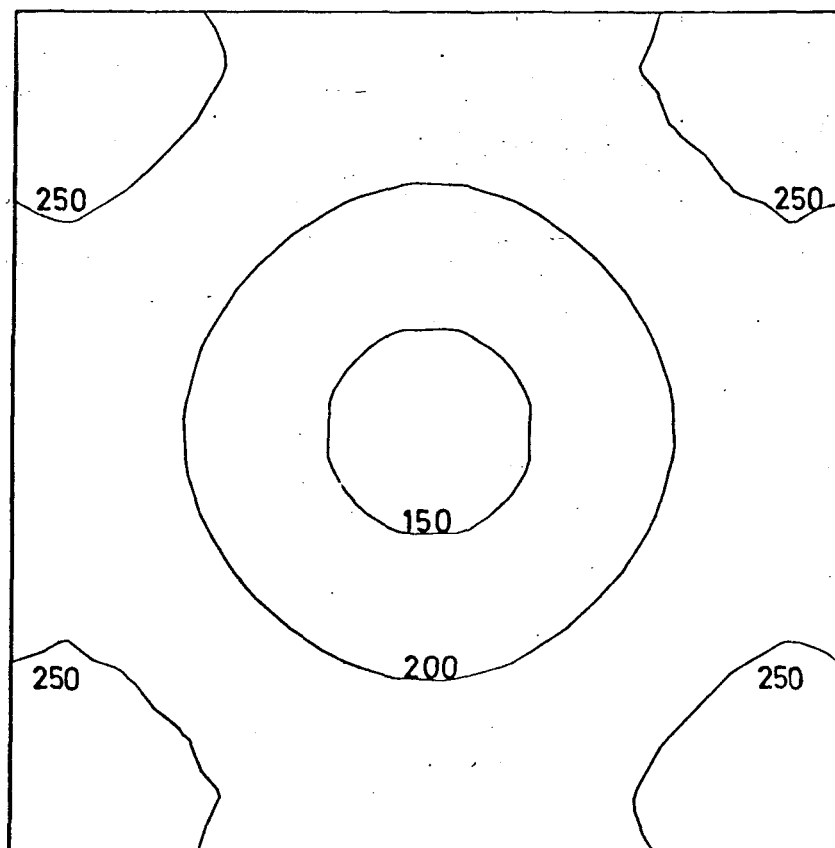


Bild 4.35: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 90 min Branddauer

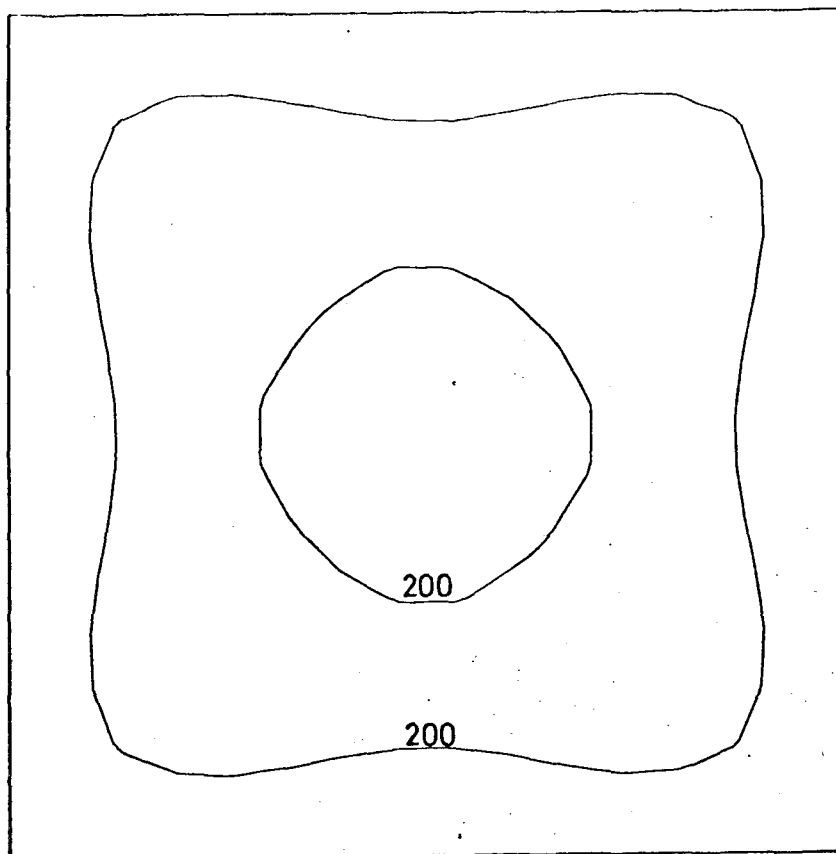


Bild 4.36: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 120 min Branddauer

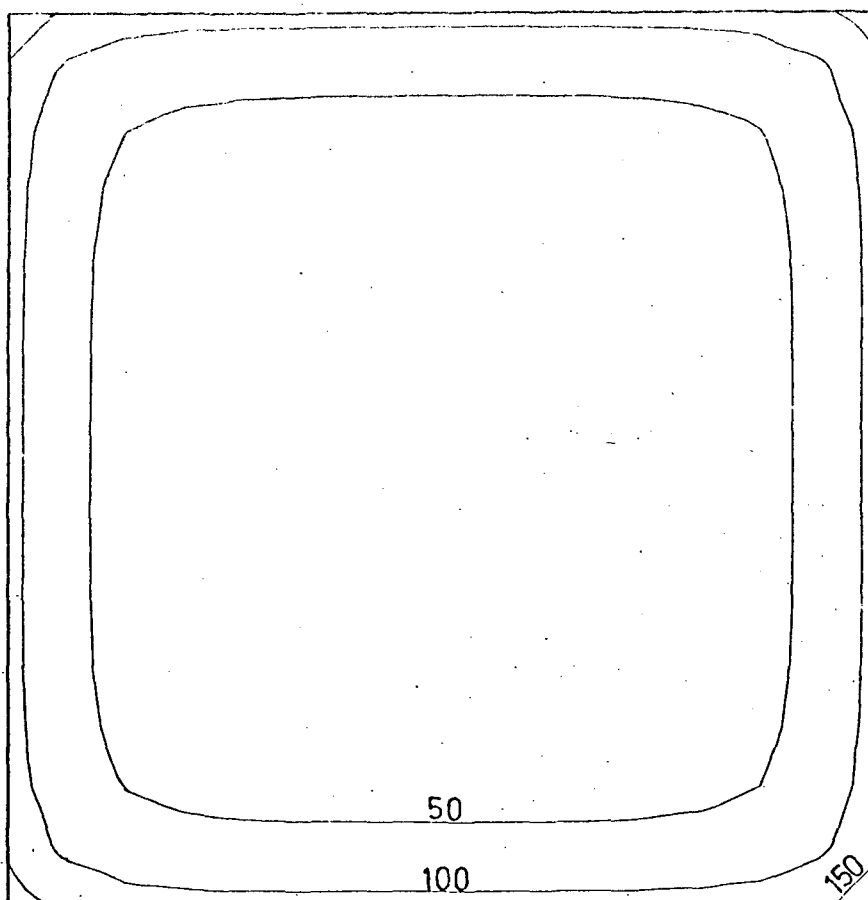


Bild 4.37: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 15 min Branddauer

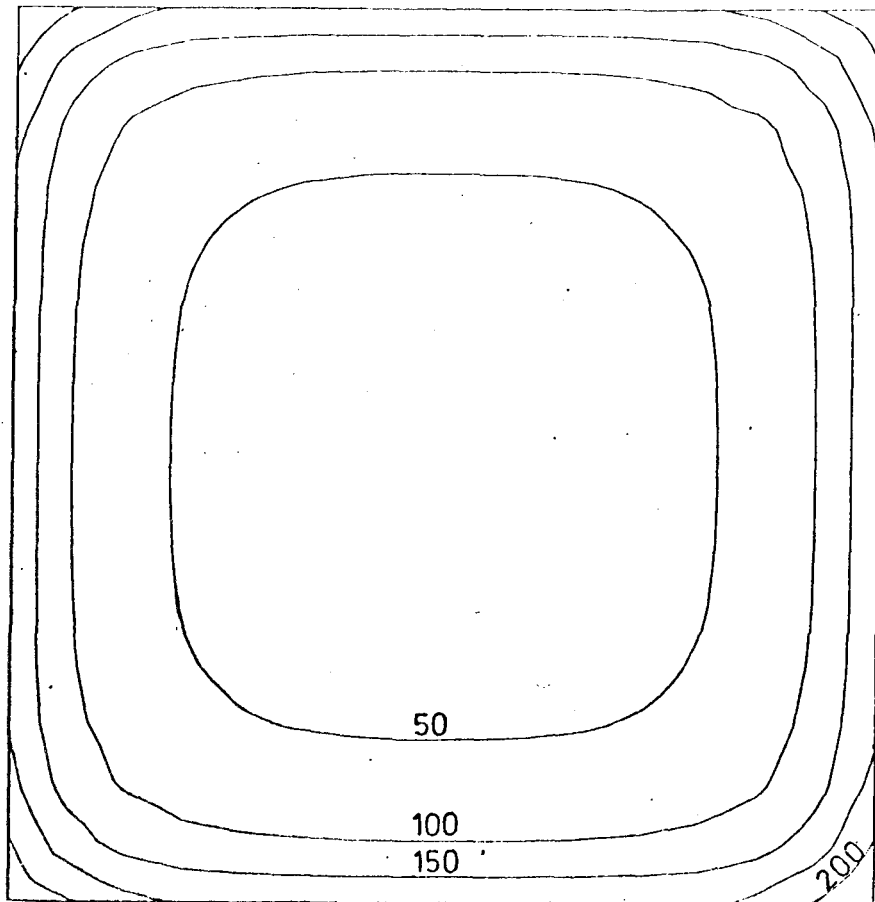


Bild 4.38: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 30 min Branddauer

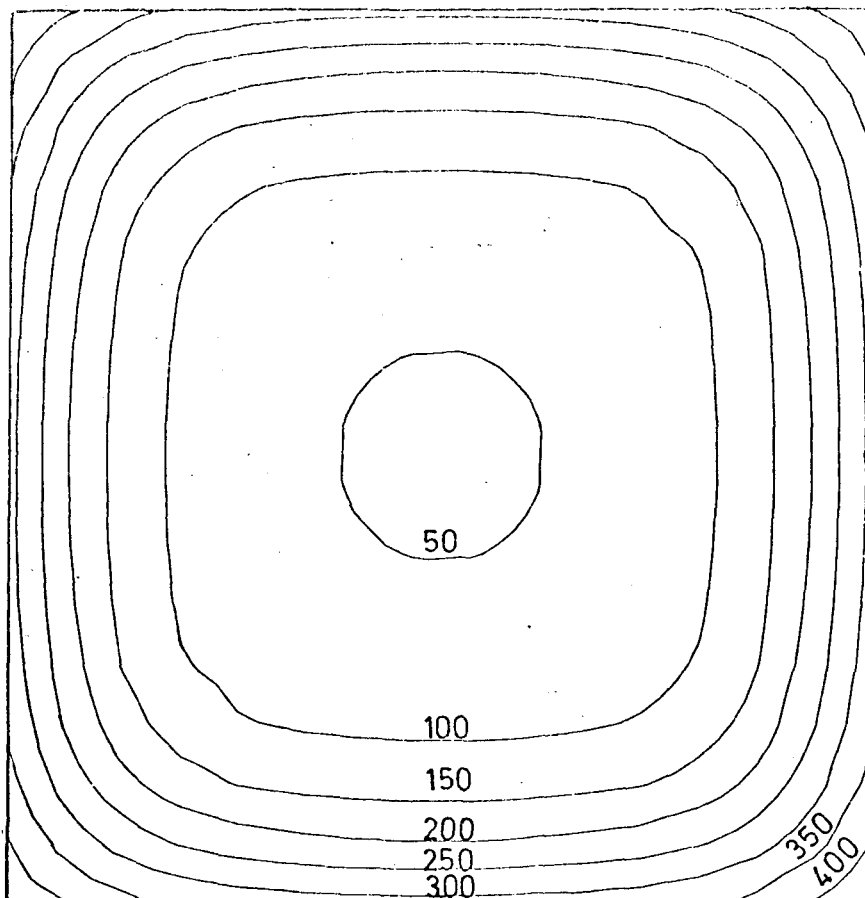


Bild 4.39: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 60 min Branddauer

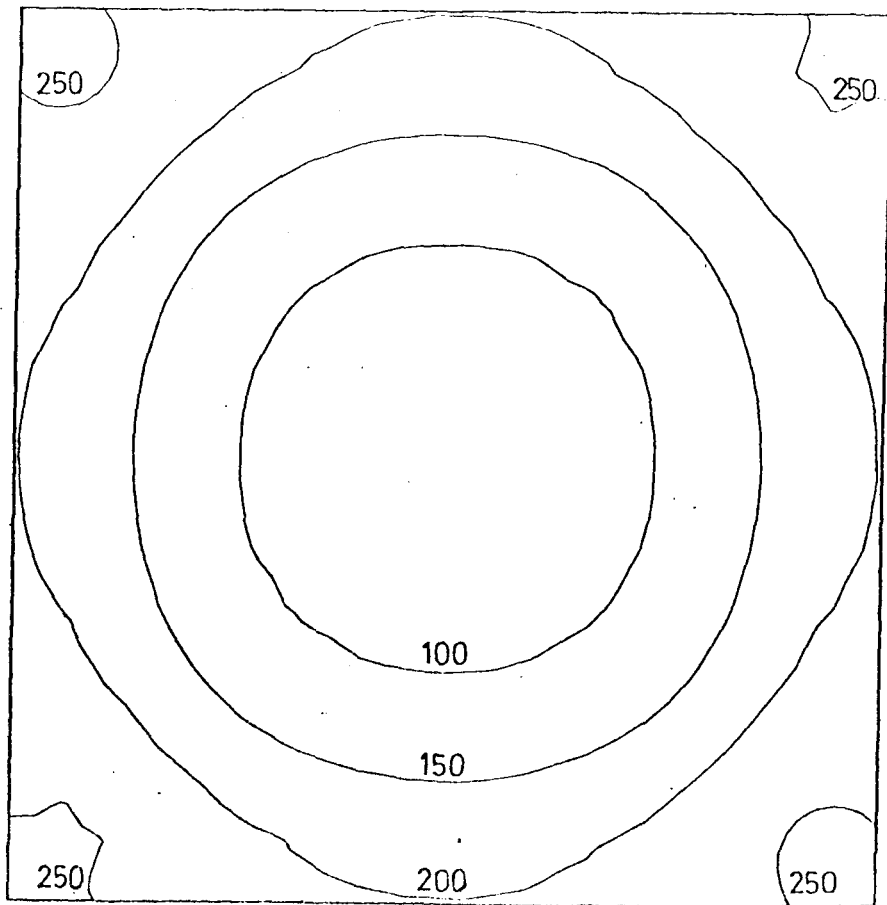


Bild 4.40: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 90 min Branddauer

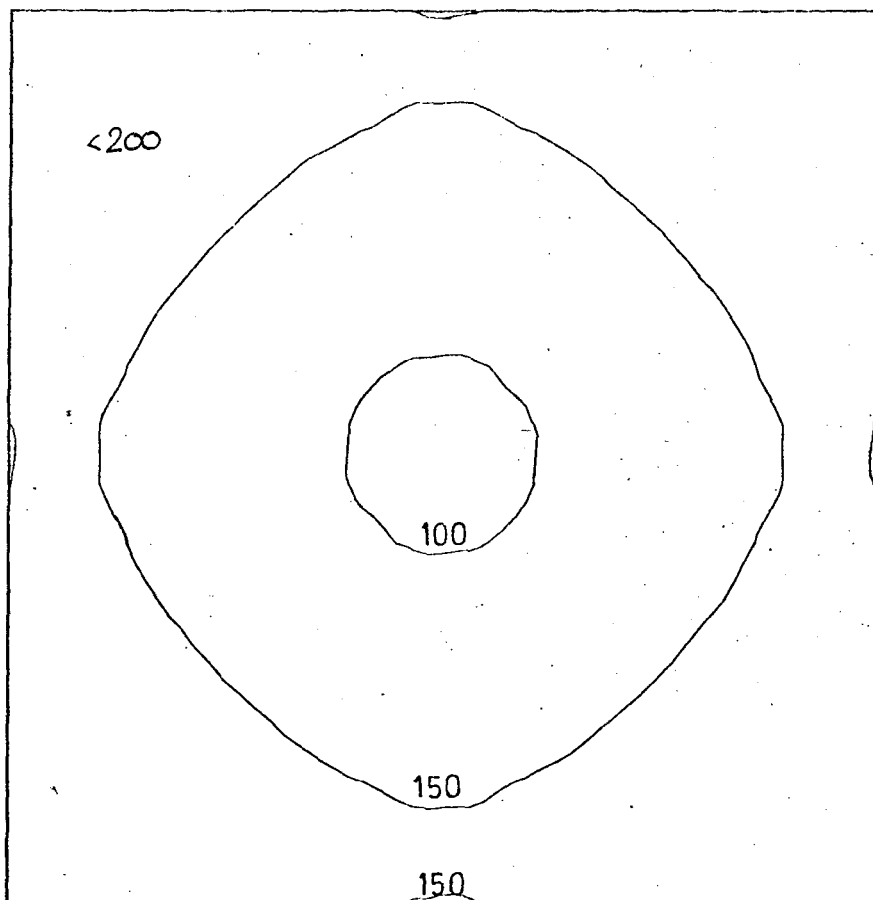


Bild 4.41: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 120 min Branddauer

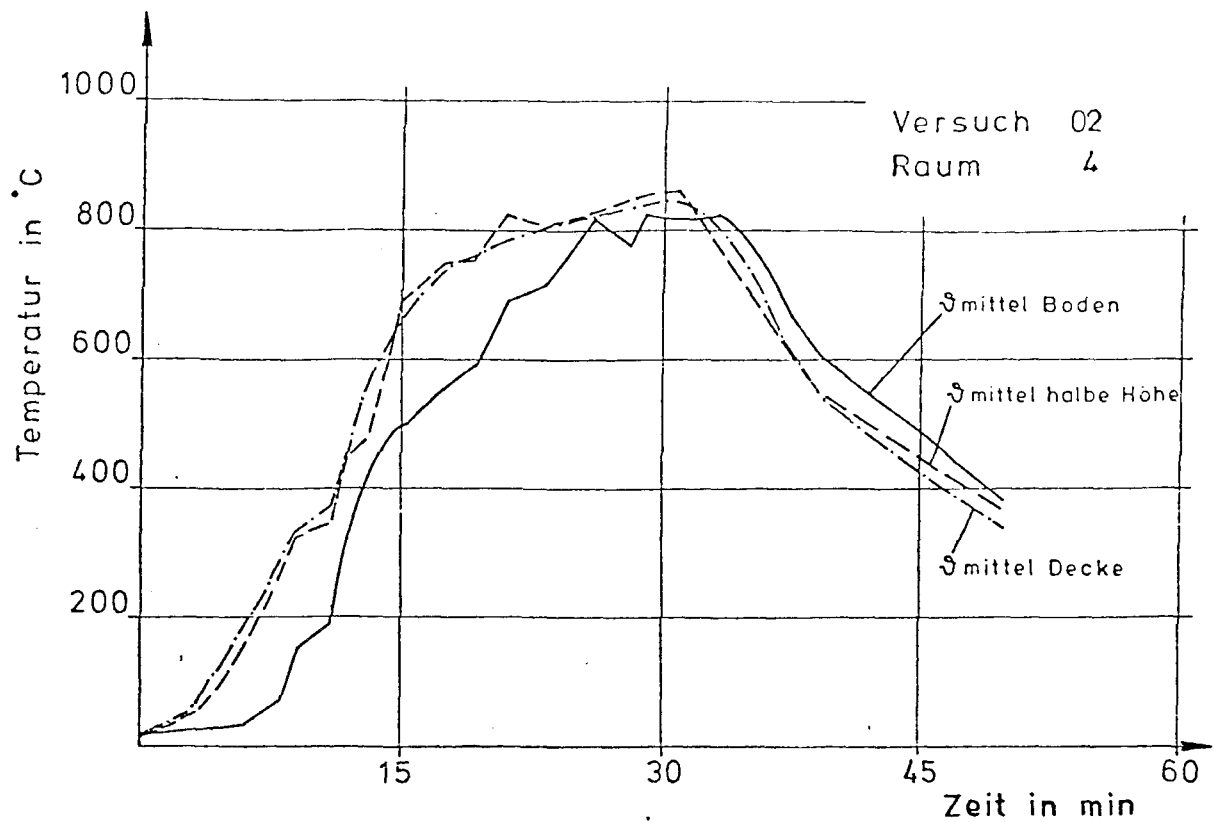
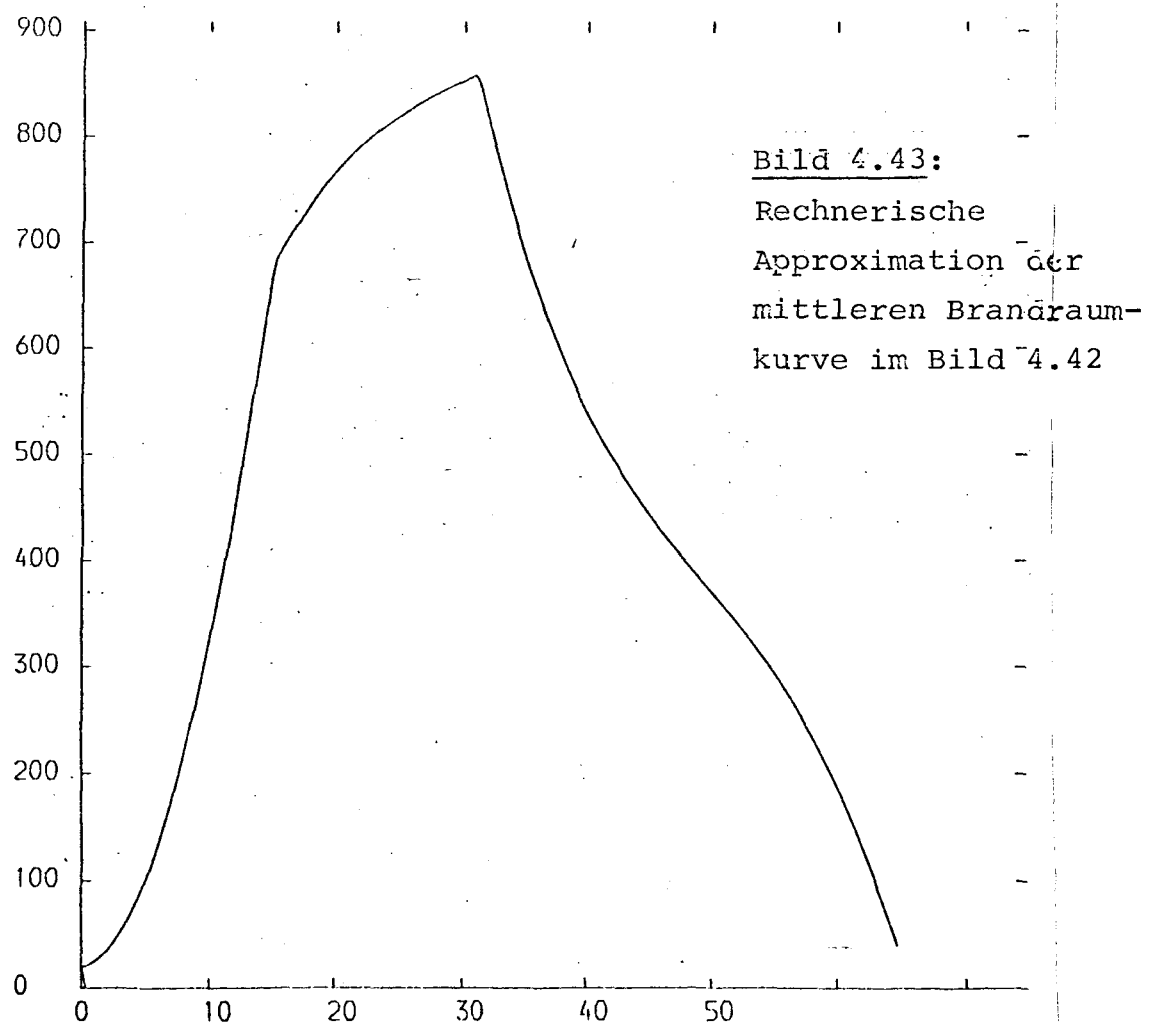


Bild 4.42: Brandraumtemperaturkurve bei $30 \text{ kg/m}^2 \text{ HGW}$ und 25 % Ventilation



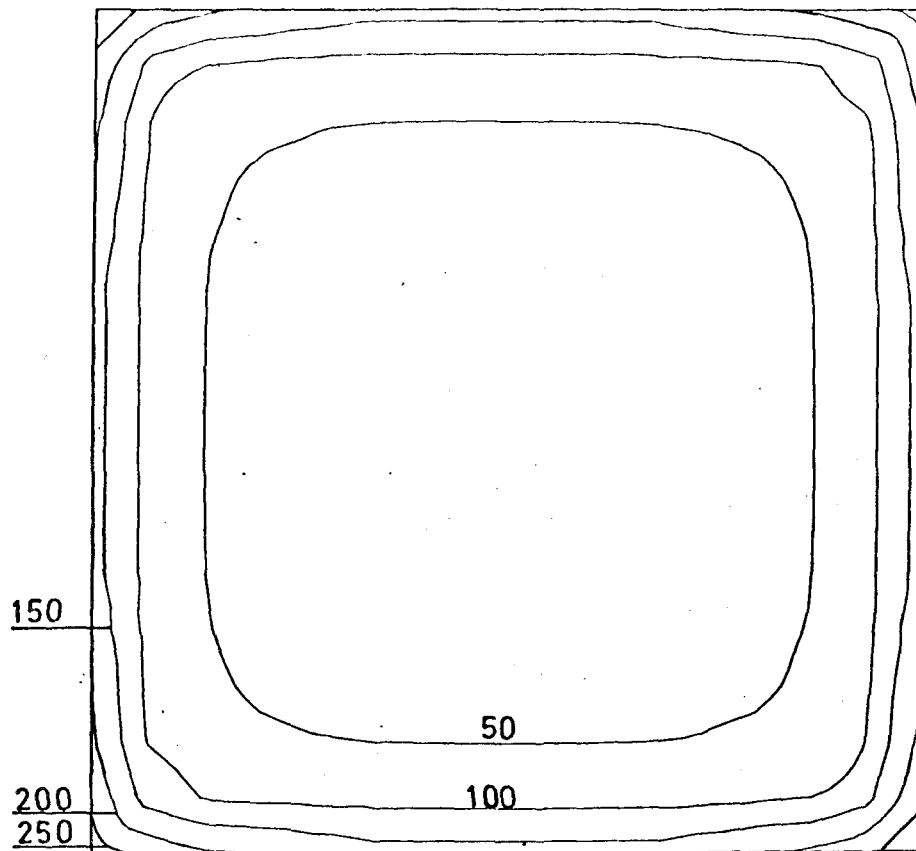


Bild 4.44: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 15 min Branddauer

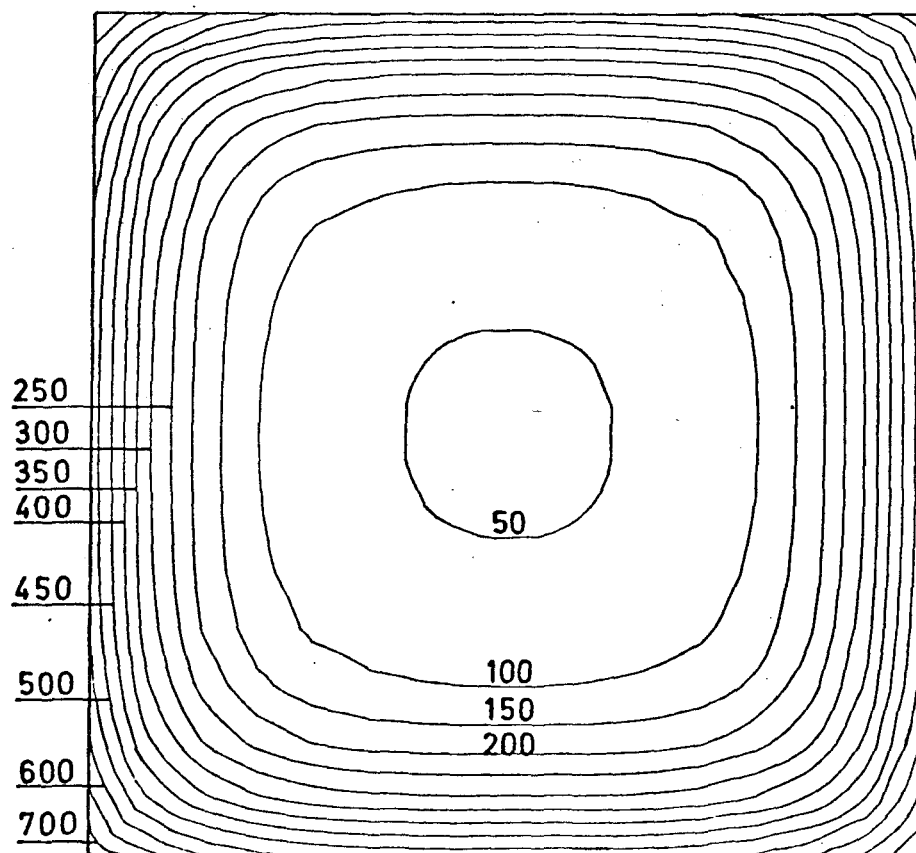


Bild 4.45: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 30 min Branddauer

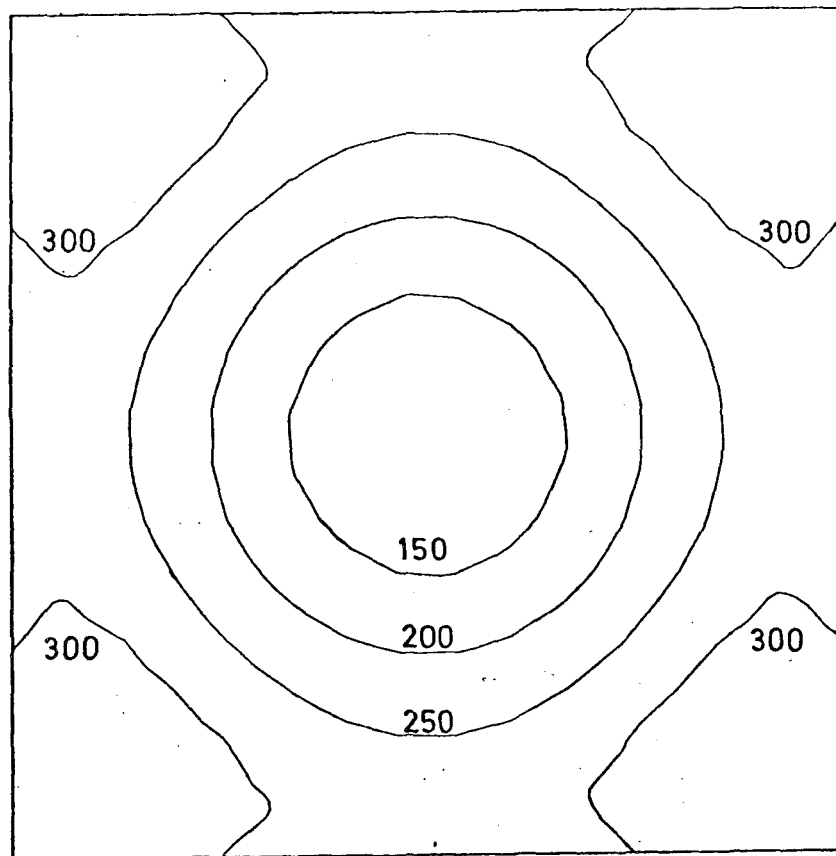


Bild 4.46: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 60 min Branddauer

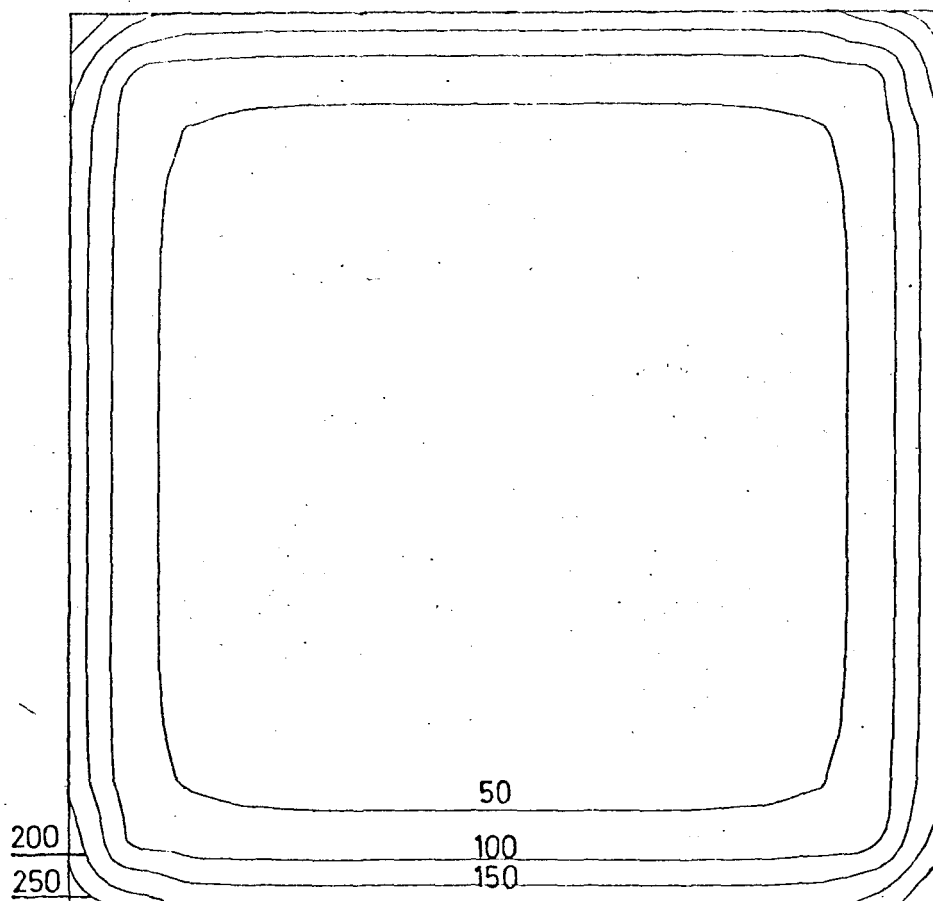


Bild 4.47: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 15 min Branddauer

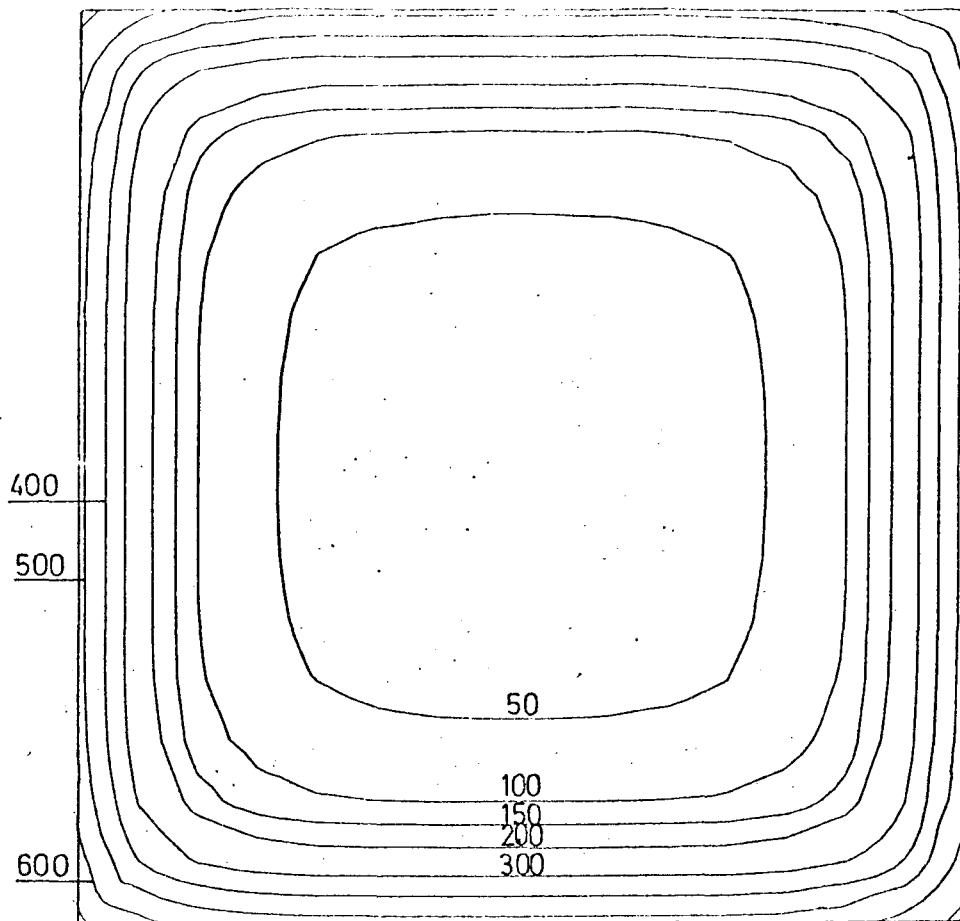


Bild 4.48: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 30 min Branddauer

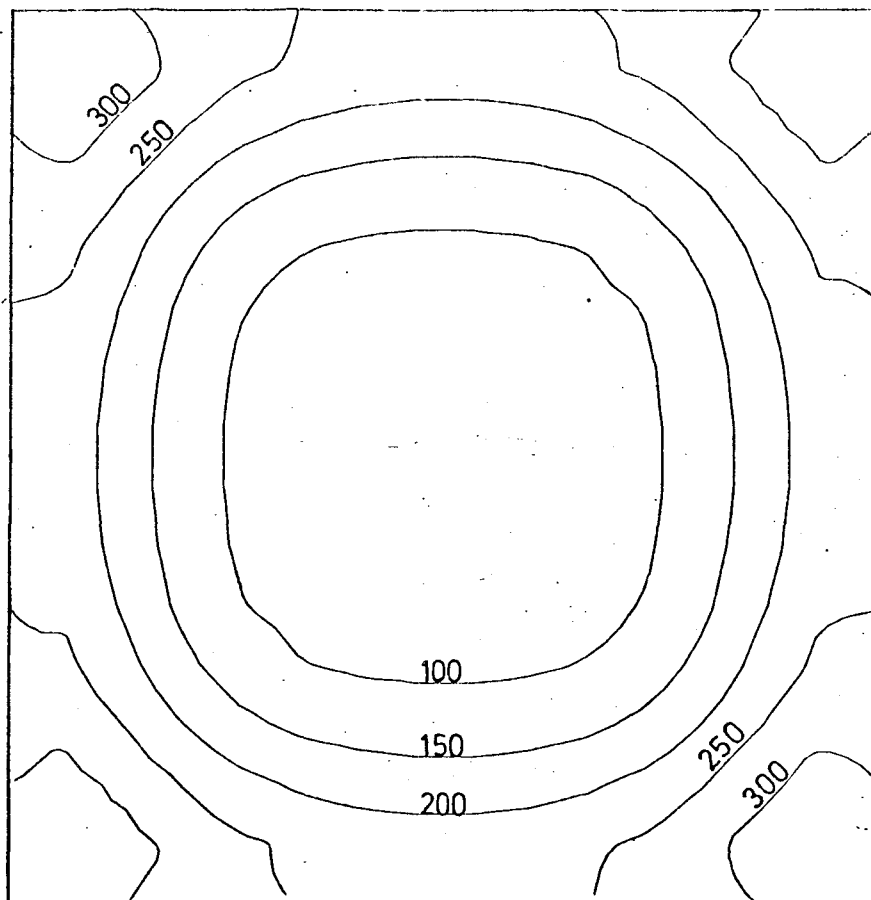


Bild 4.49: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 60 min Branddauer

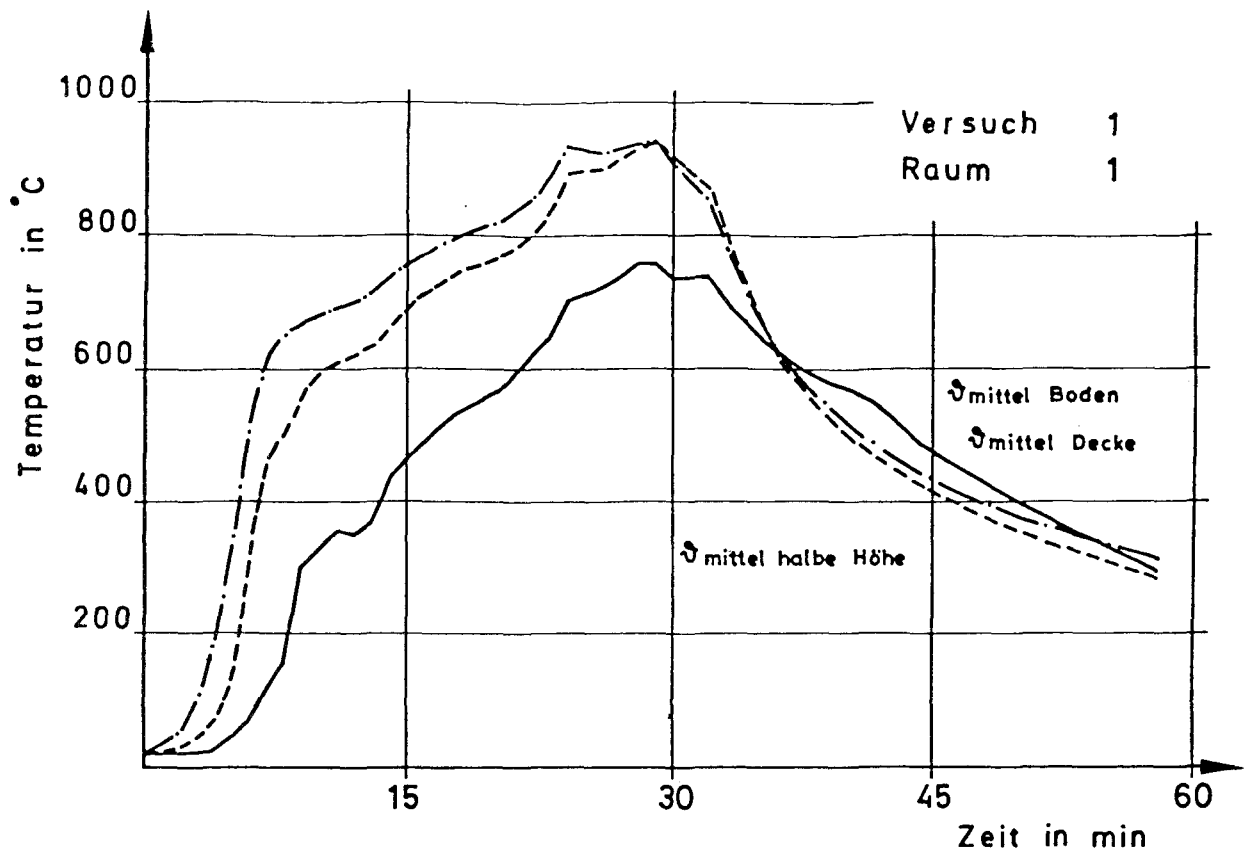
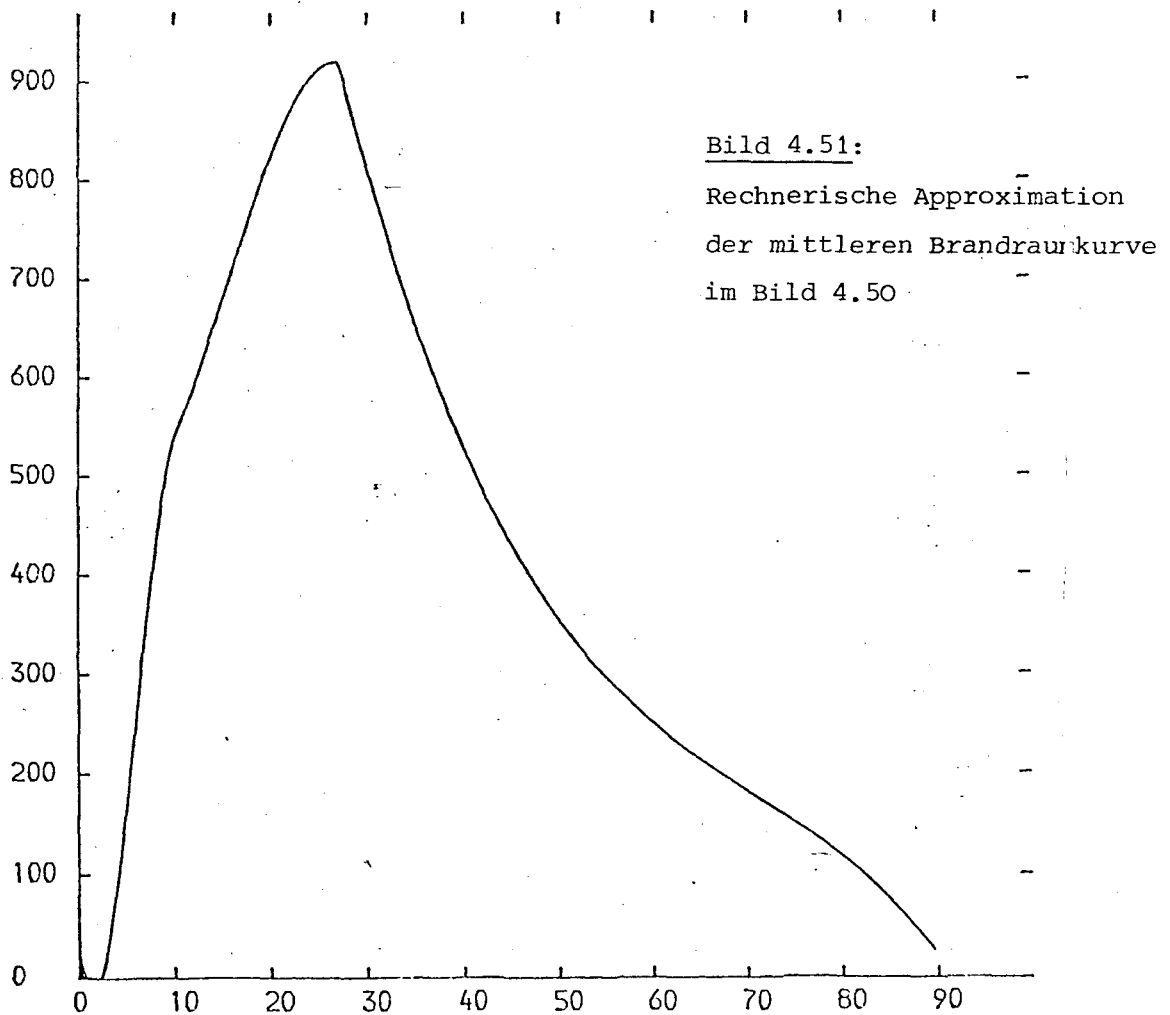


Bild 4.50: Brandraumtemperaturkurve bei 30 kg/m^2 HWG und 30 % Ventilation



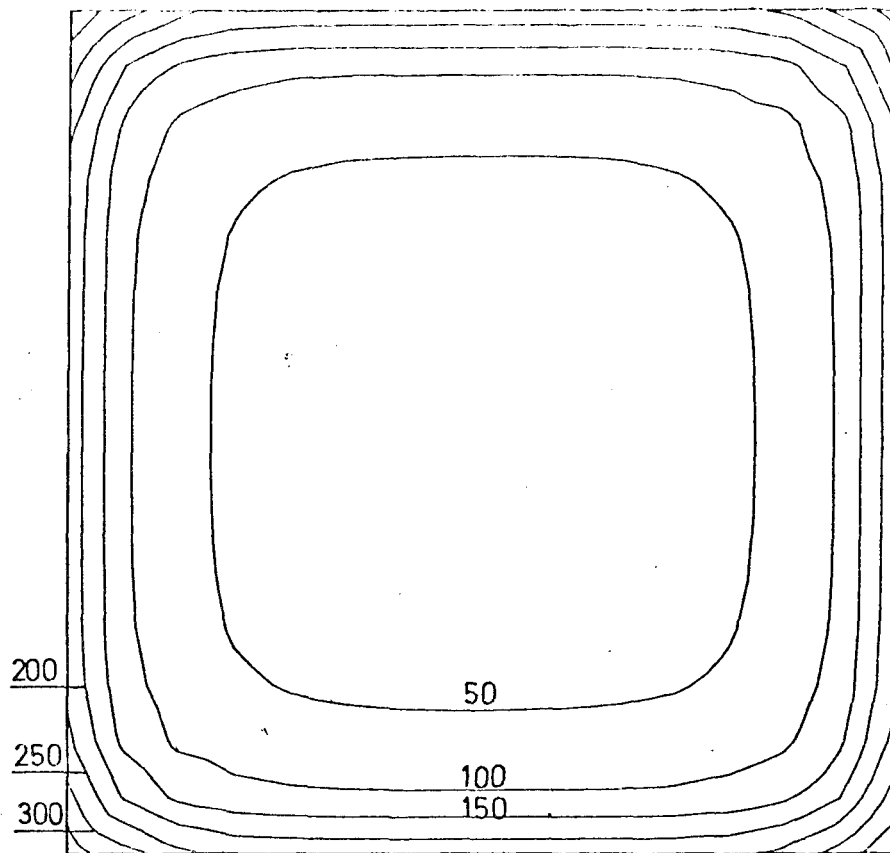


Bild 4.52: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 15 min Branddauer

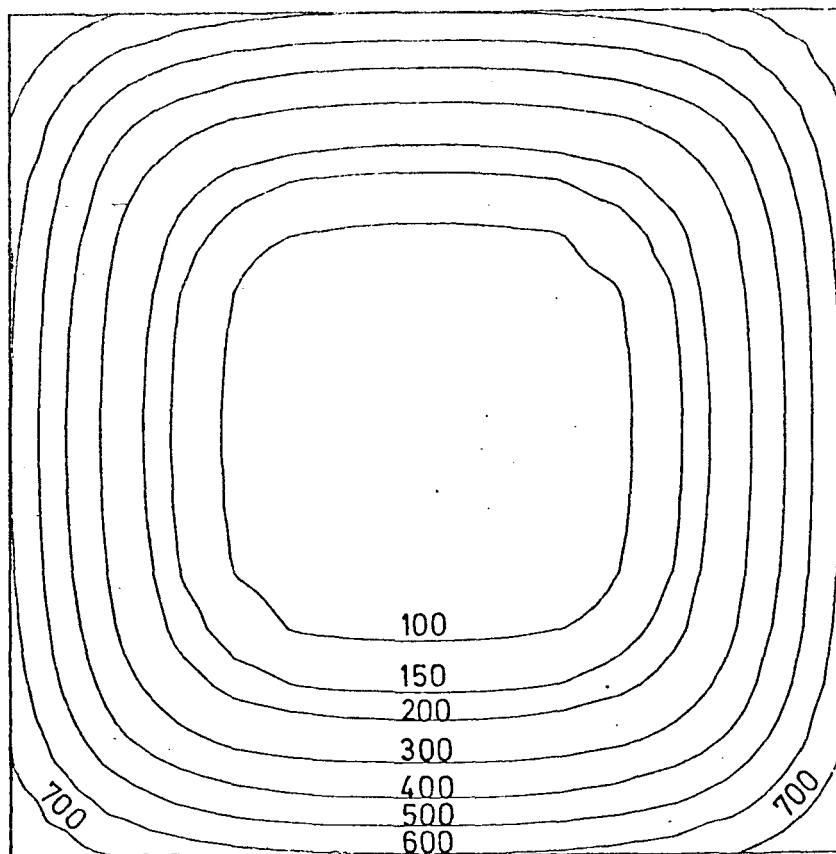


Bild 4.53: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 30 min Branddauer

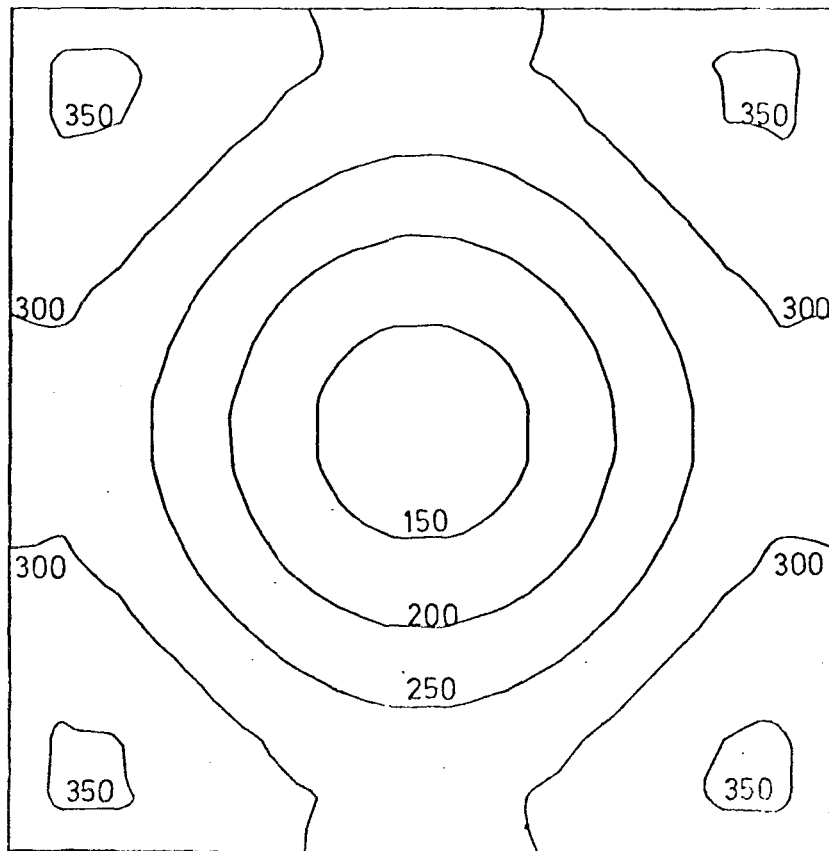


Bild 4.54: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 60 min Branddauer

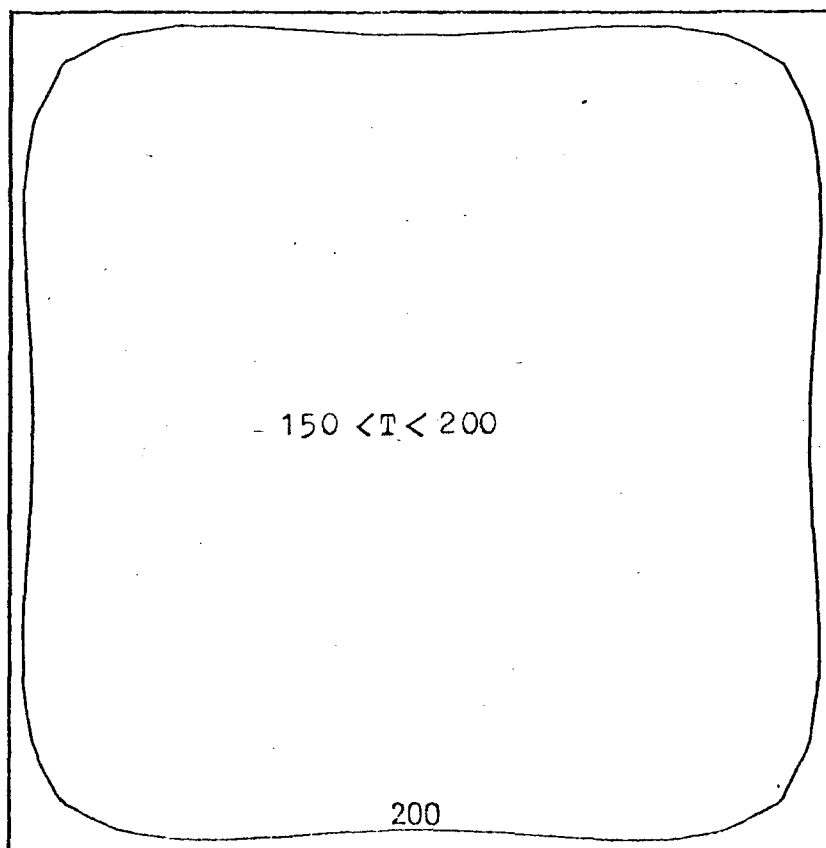


Bild 4.55: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 90 min Branddauer

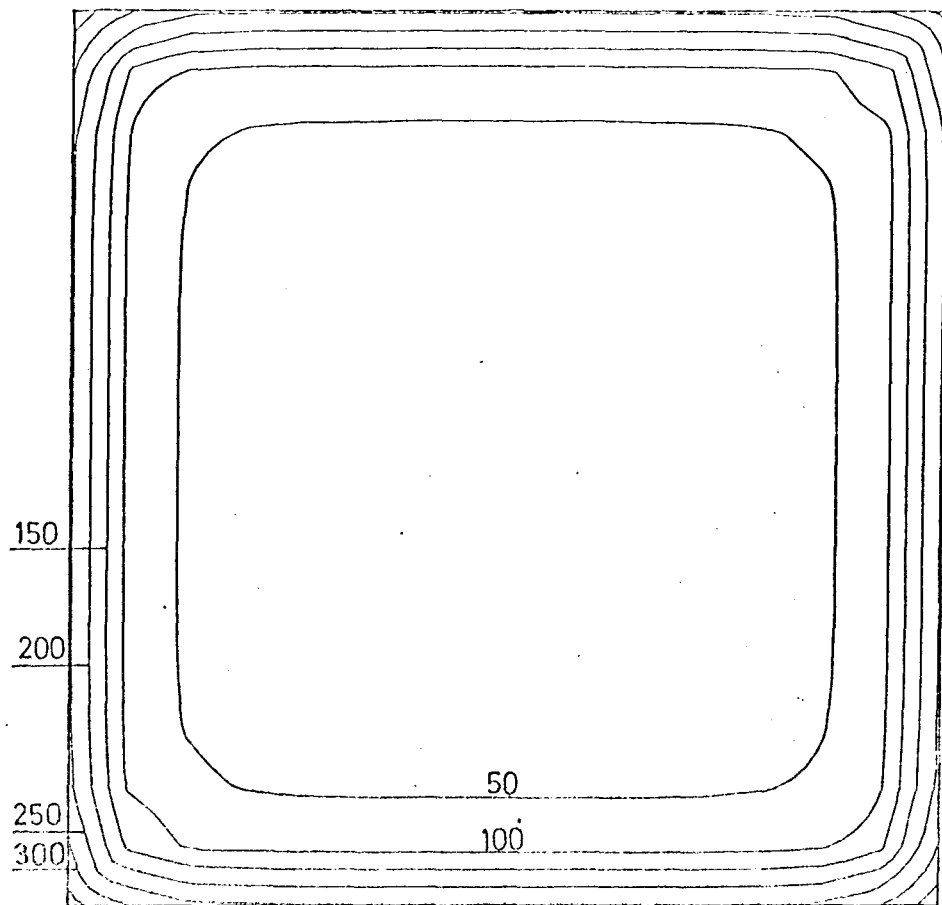


Bild 4.56: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 15 min Branddauer

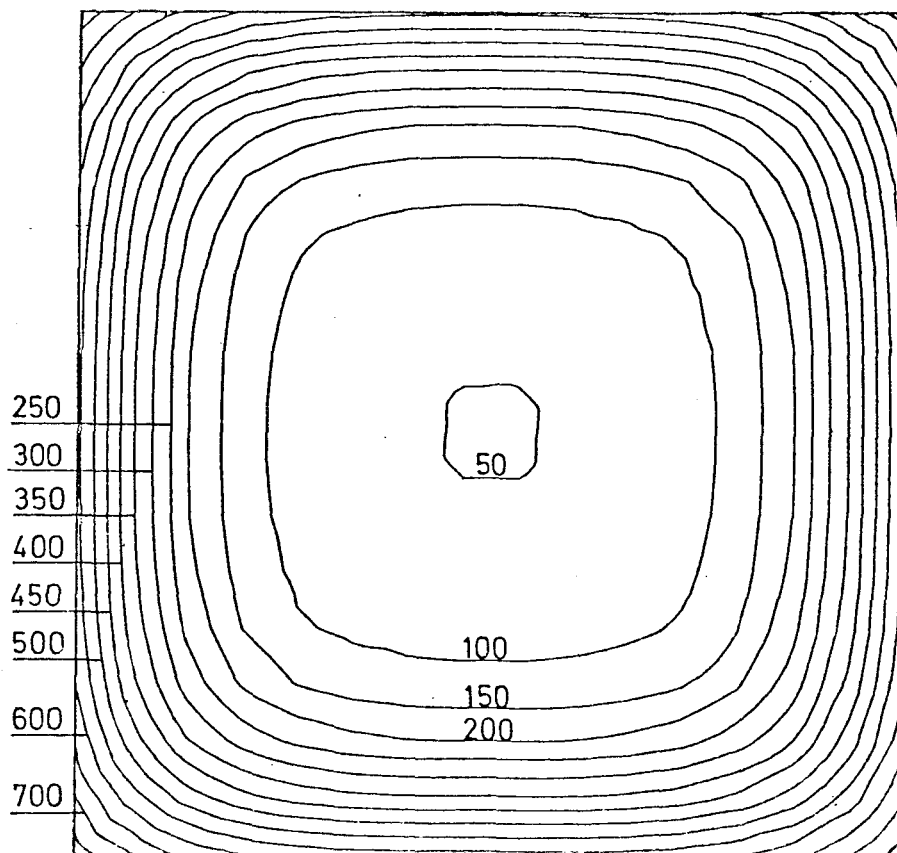


Bild 4.57: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 30 min Branddauer

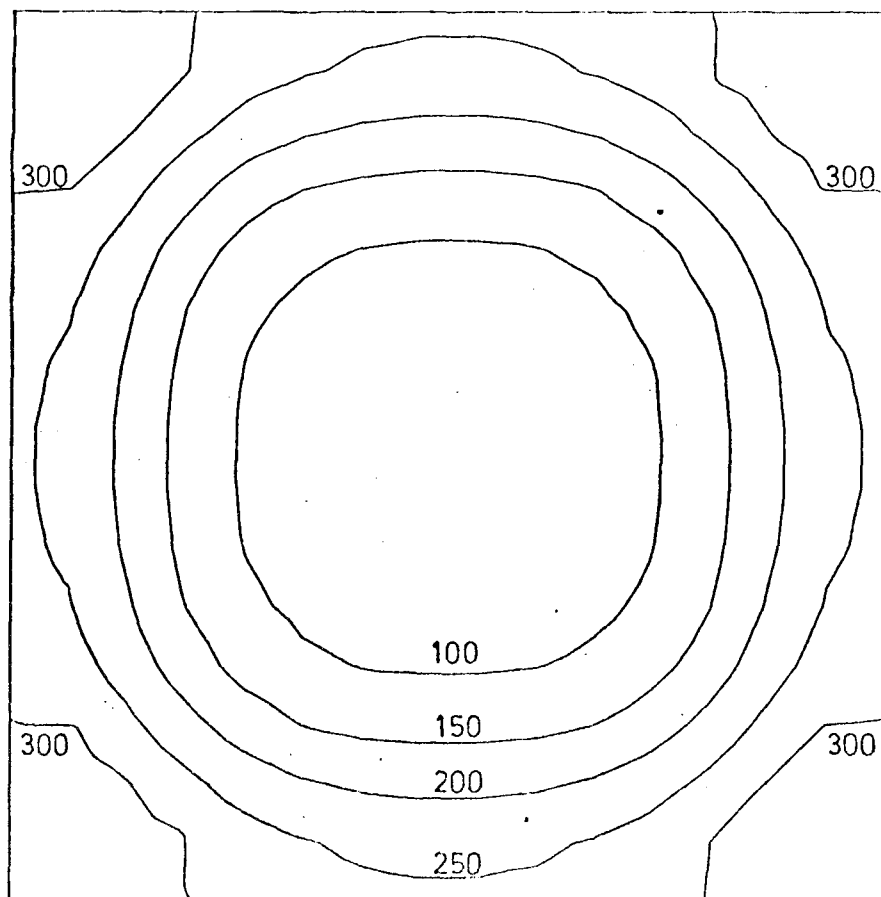


Bild 4.58: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 60 min Branddauer

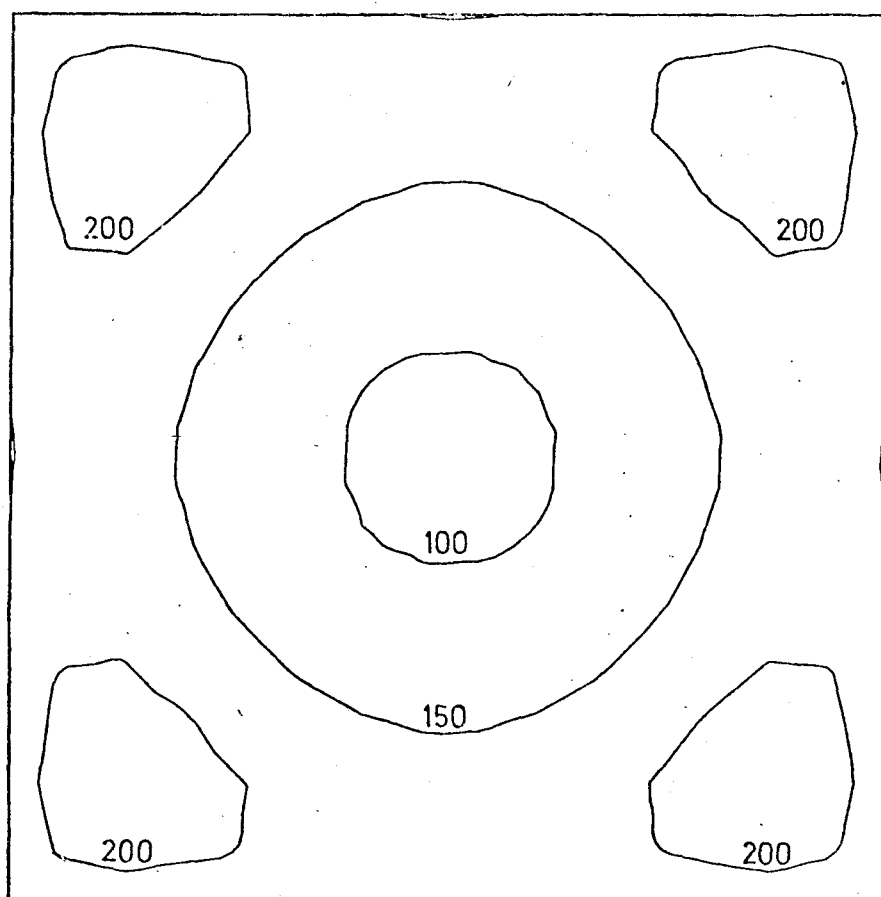


Bild 4.59: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 90 min Branddauer

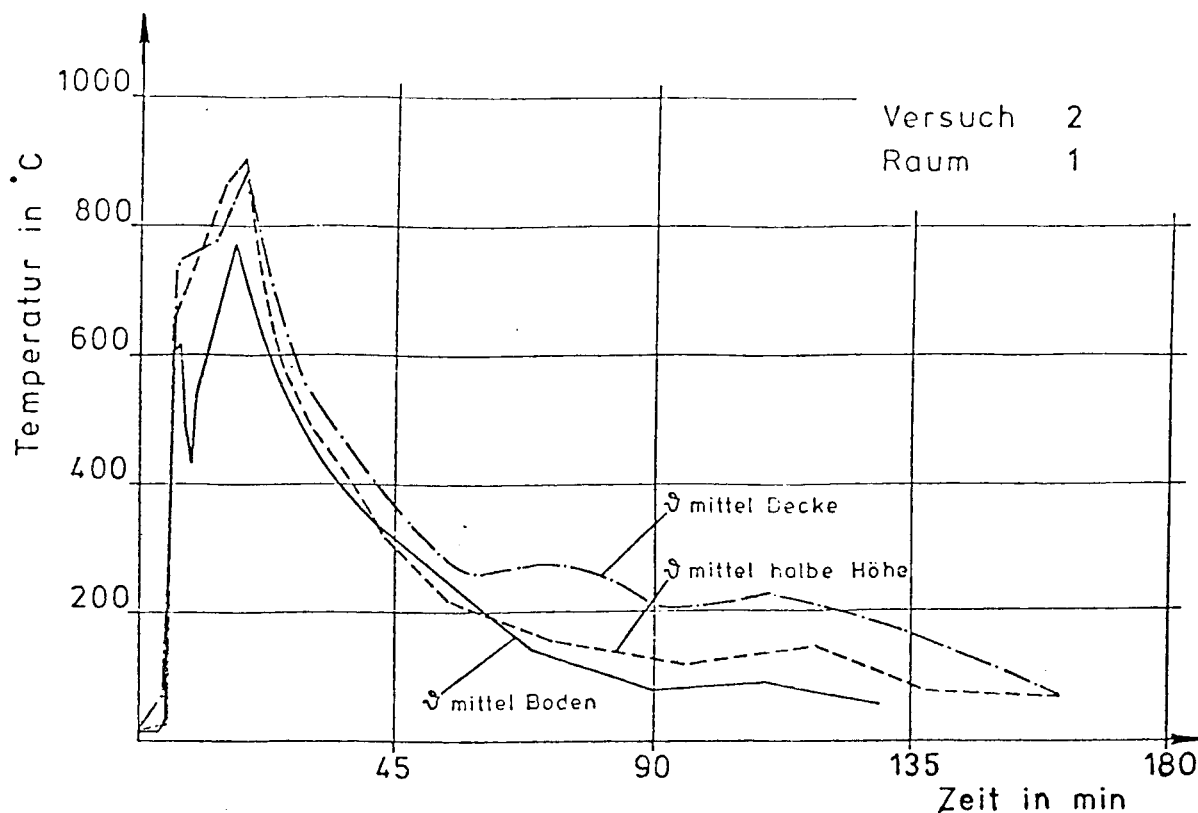
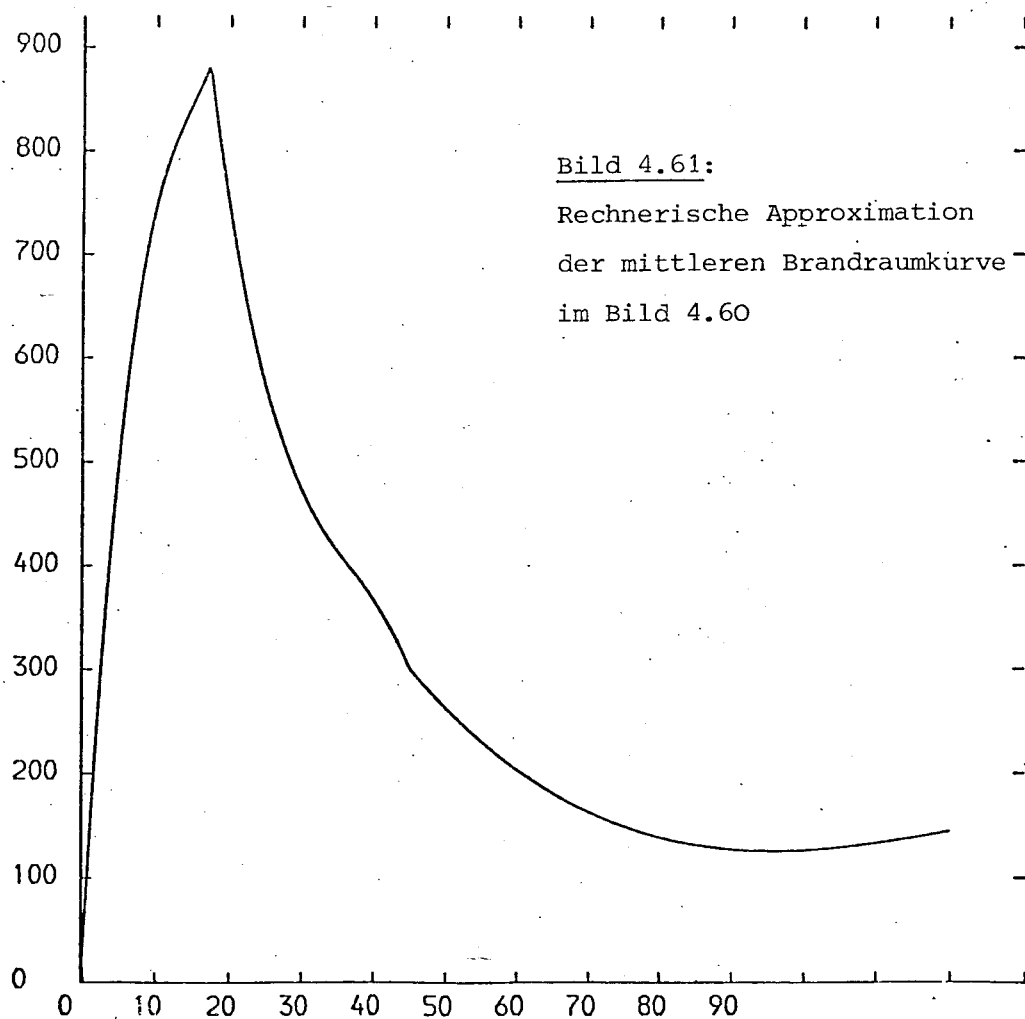


Bild 4.60: Brandraumtemperaturkurve bei 32 kg/m^2 HGW und 49 % Ventilation



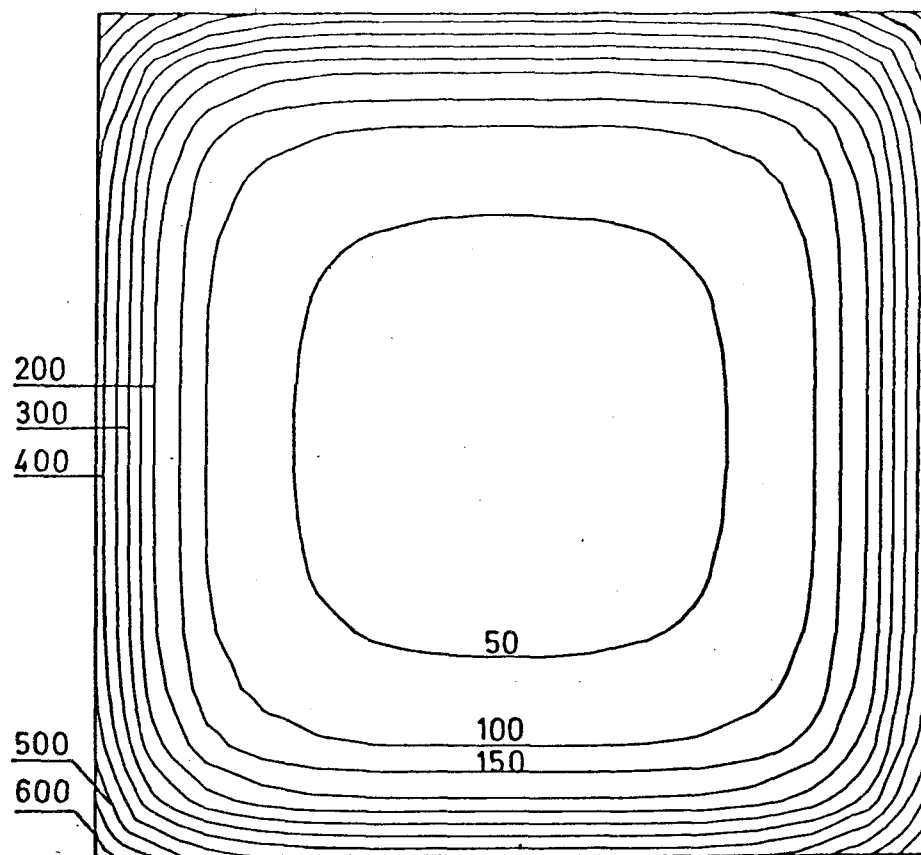


Bild 4.62: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 15 min Branddauer

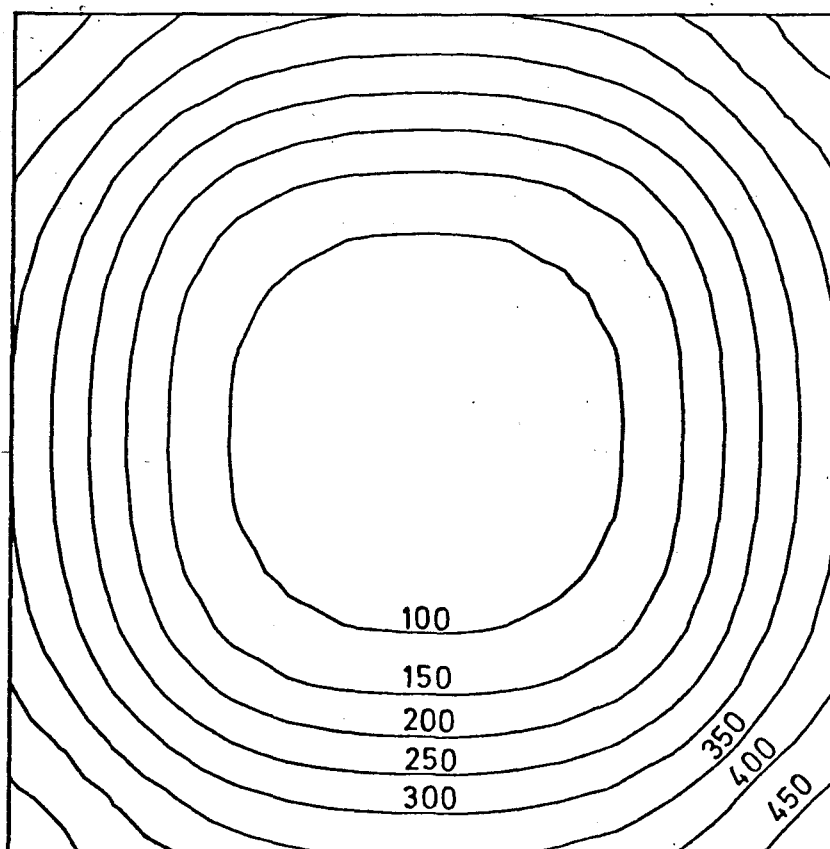


Bild 4.63: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 30 min Branddauer

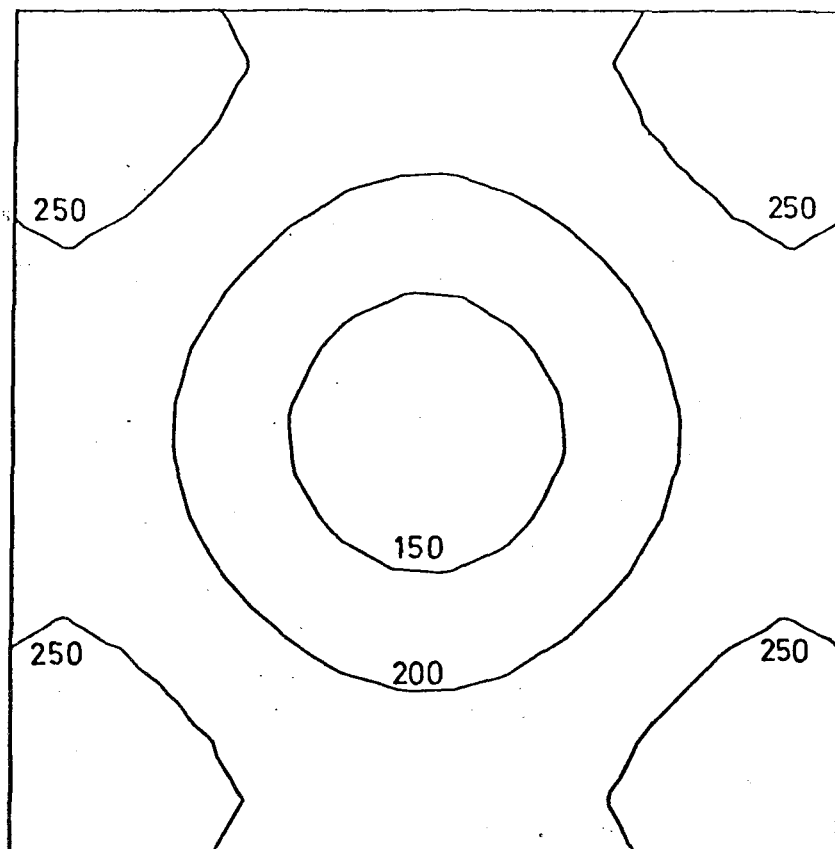


Bild 4.64: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 60 min Branddauer

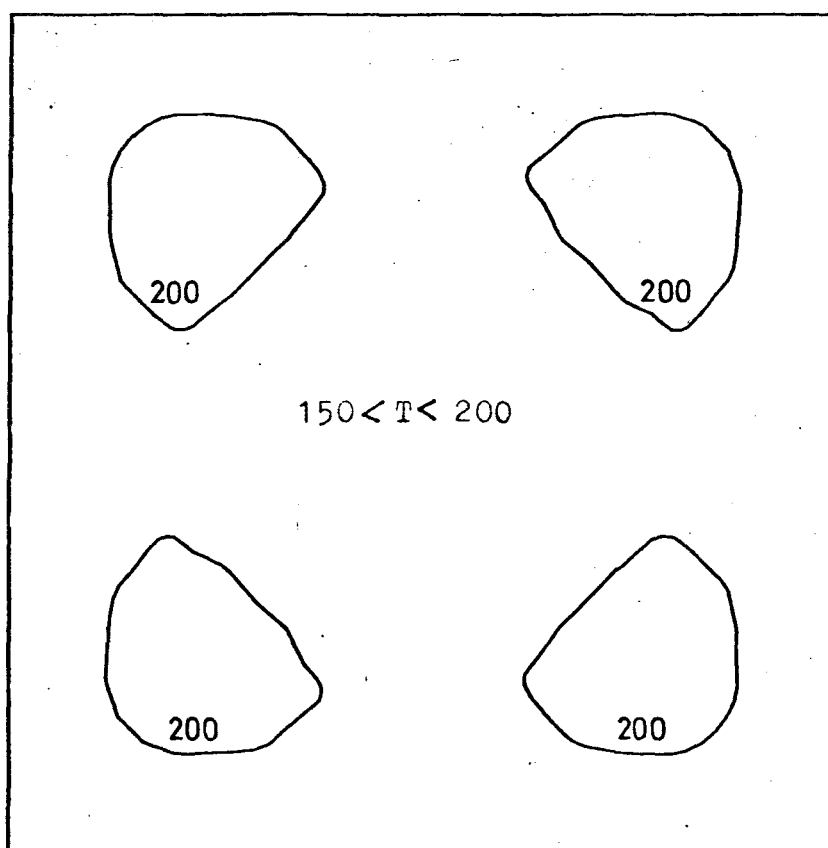


Bild 4.65: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 90 min Branddauer

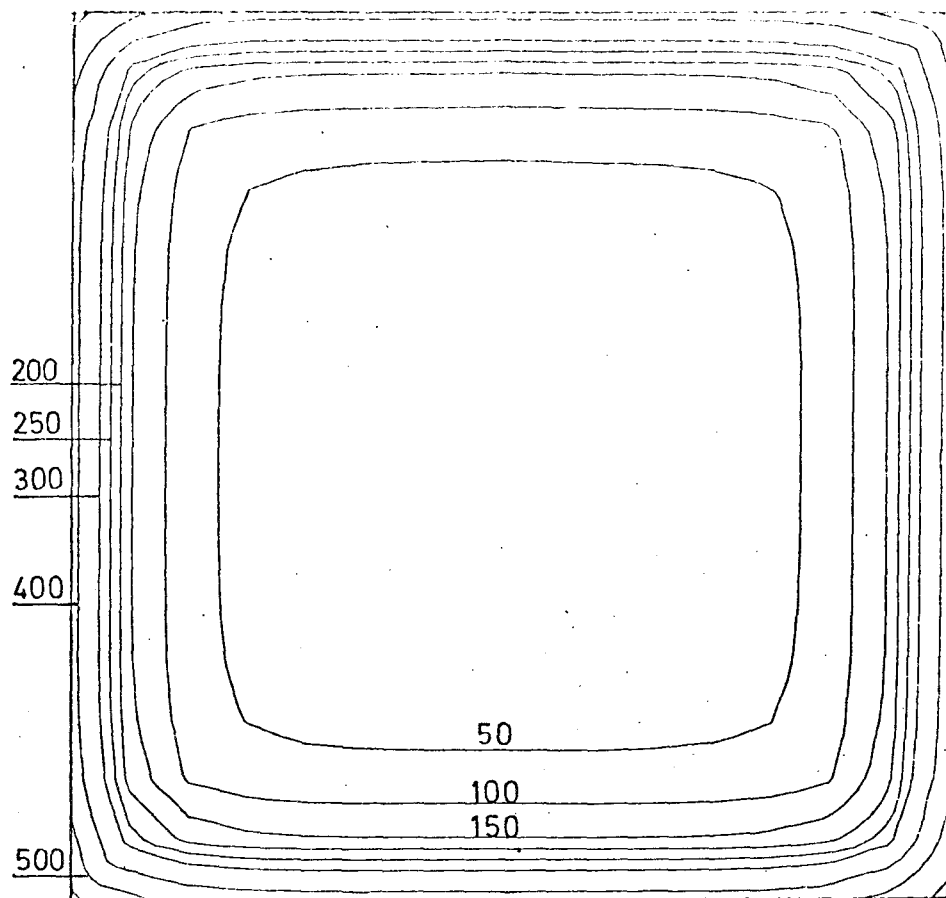


Bild 4.66: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 15 min Branddauer

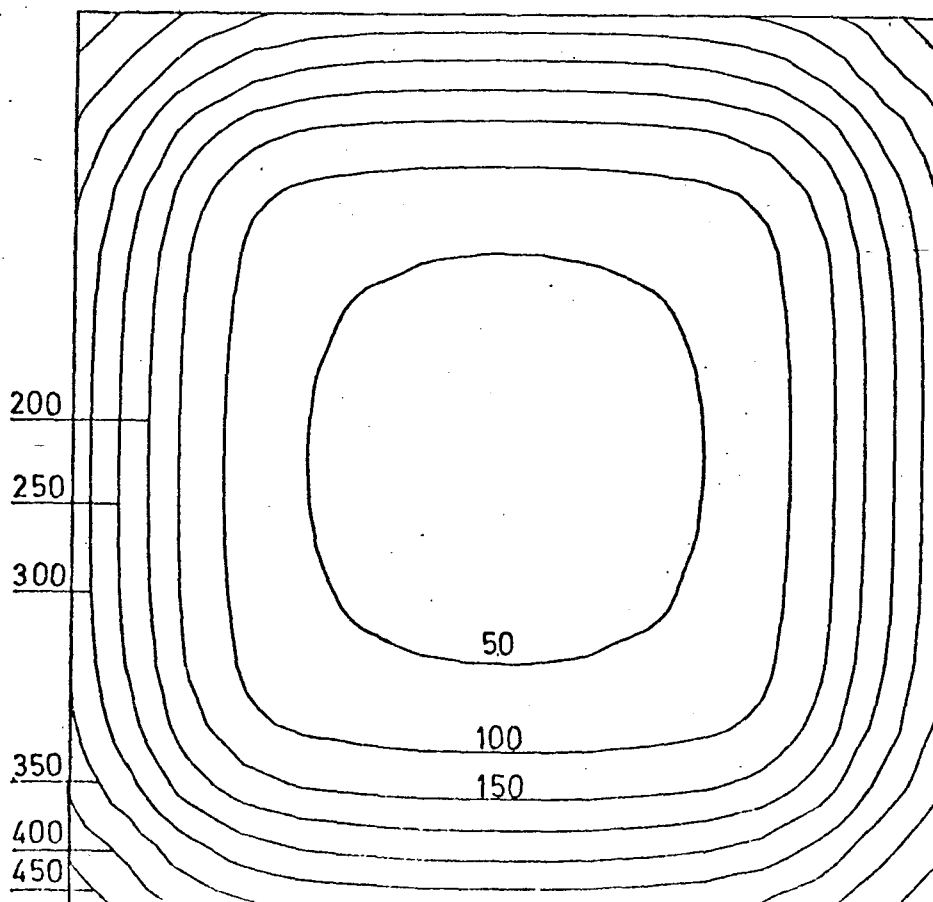


Bild 4.67: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 30 min Branddauer

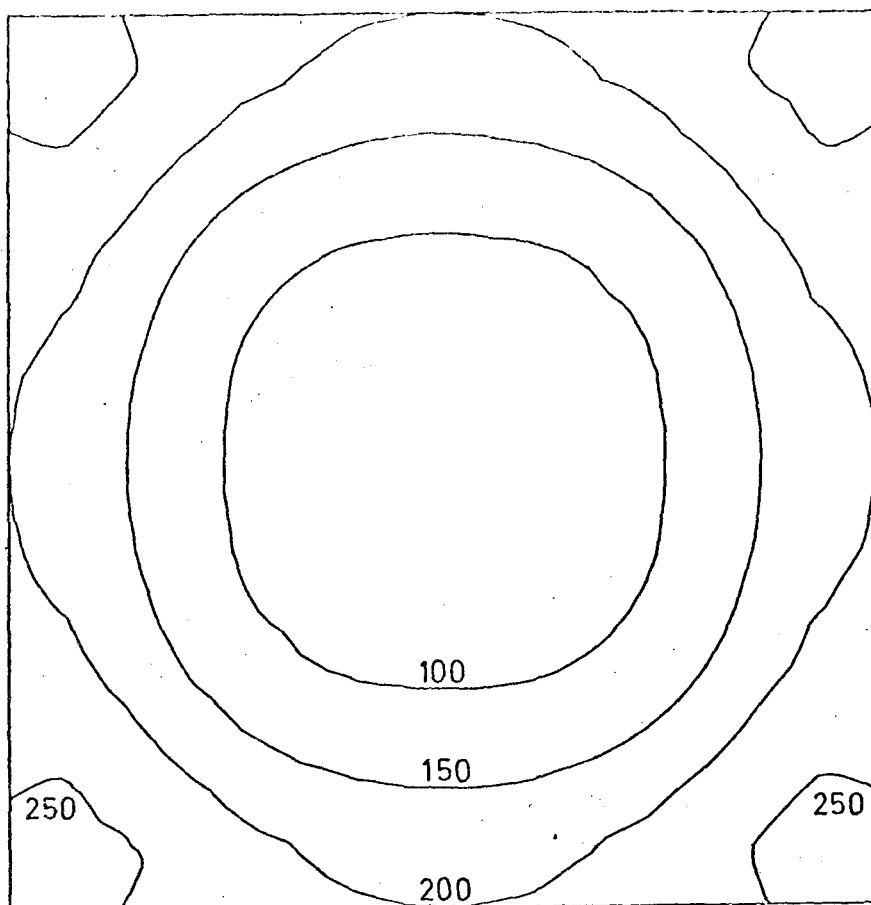


Bild 4.68: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 60 min Branddauer

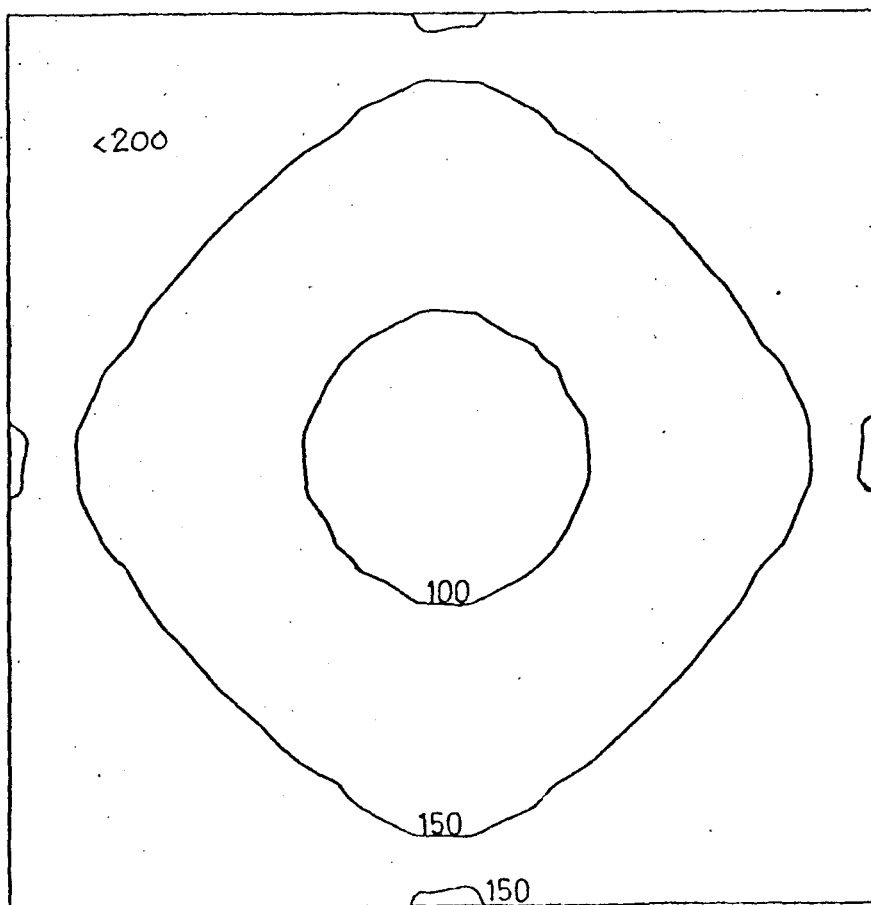


Bild 4.69: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 90 min Branddauer

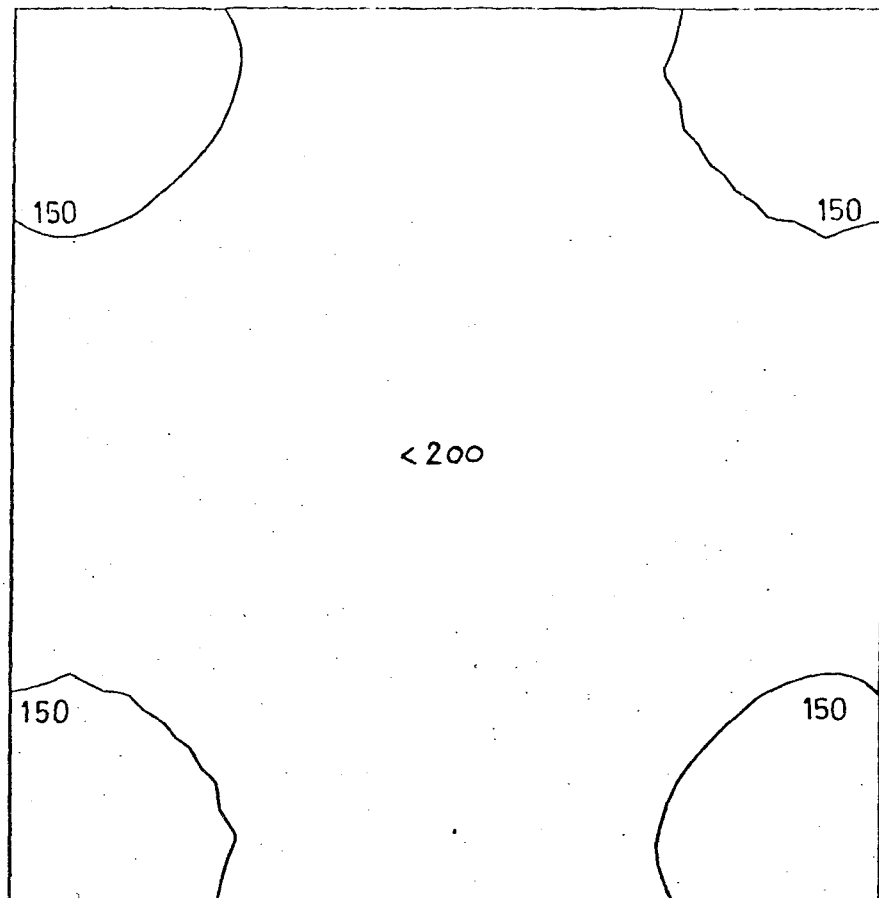


Bild 4.70: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 120 min Branddauer

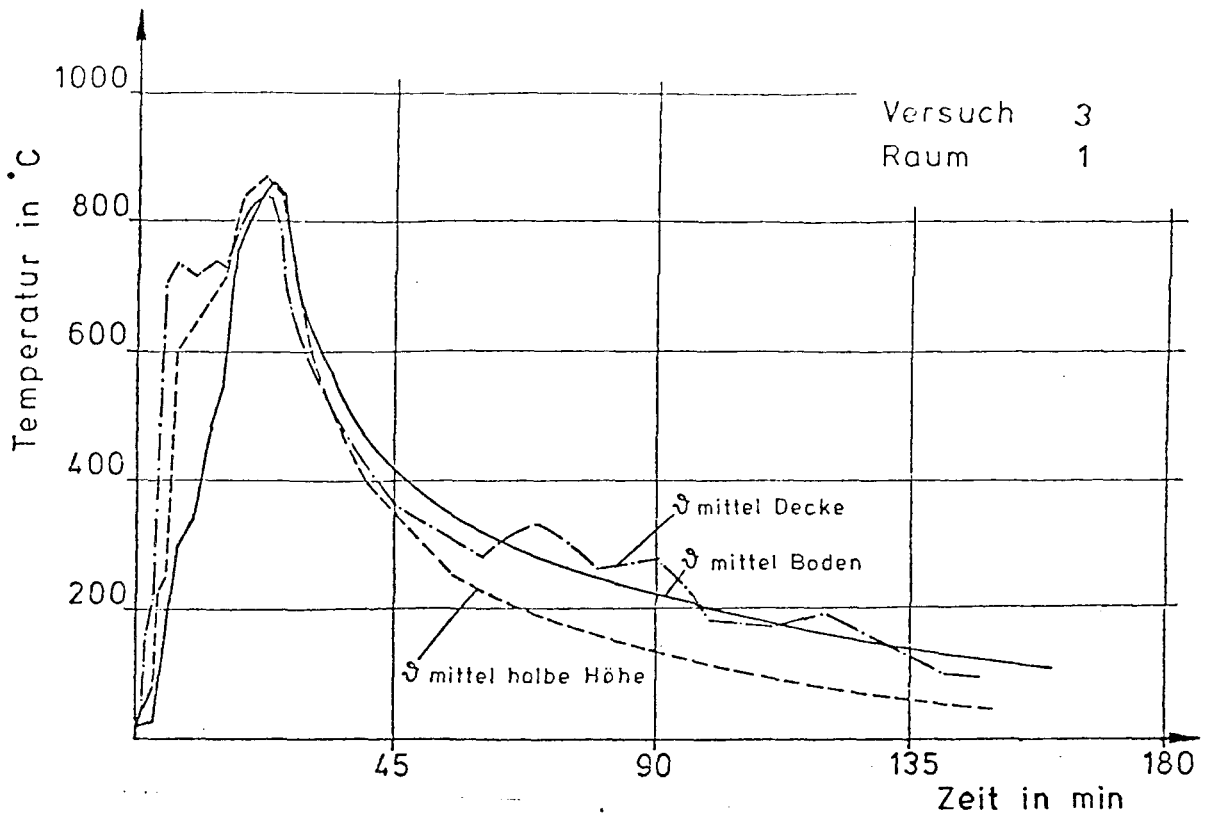


Bild 4.71: Brandraumtemperaturkurve bei 30 kg/m² Holzgewicht-Brandlast (HGW) und 15 % Ventilation

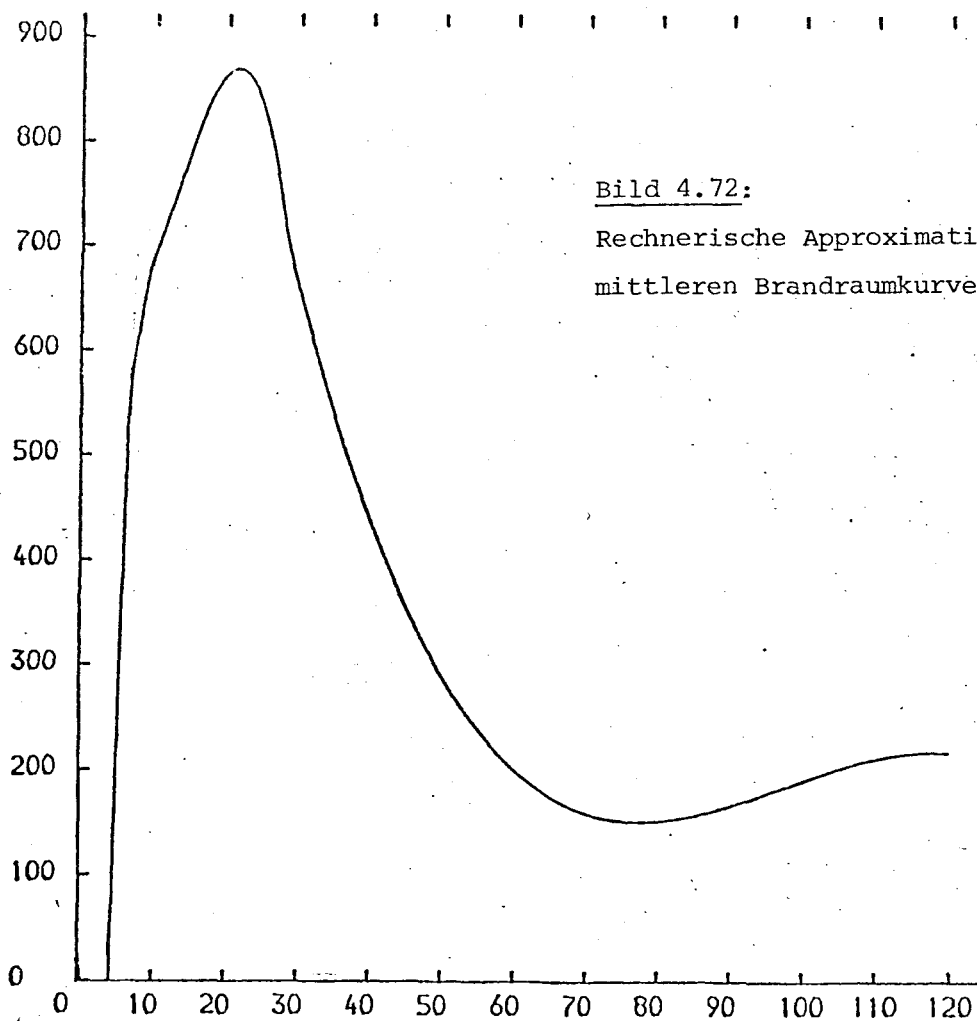


Bild 4.72:
Rechnerische Approximation der
mittleren Brandraumkurve in Bild 4.71

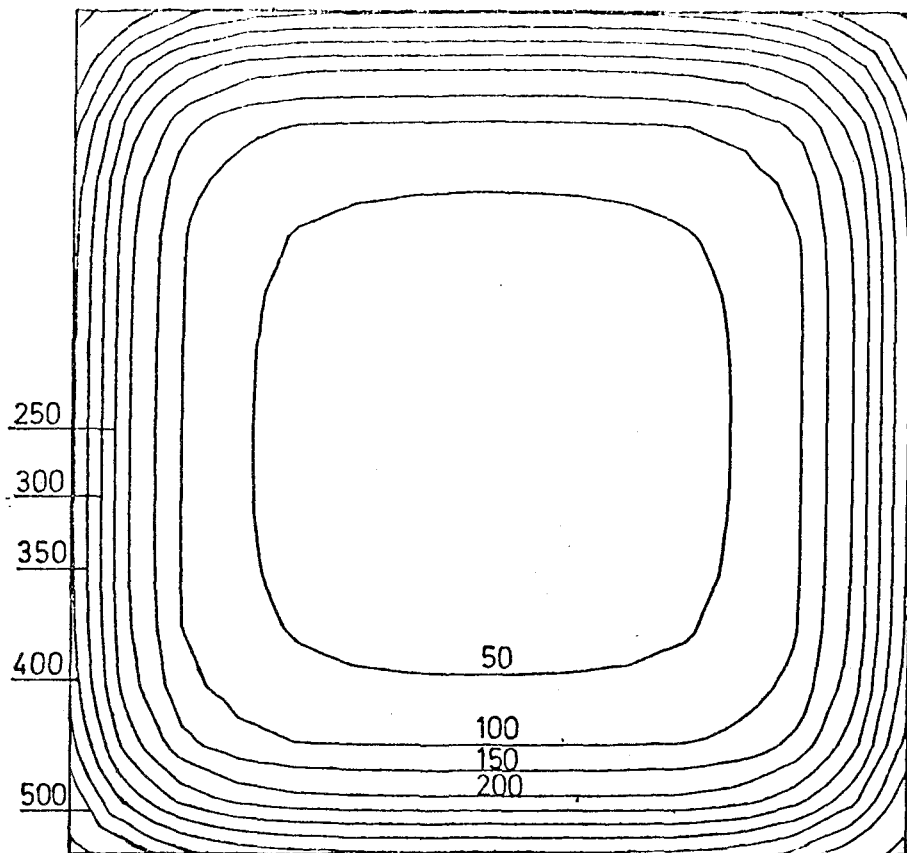


Bild 4.73: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 15 min Branddauer

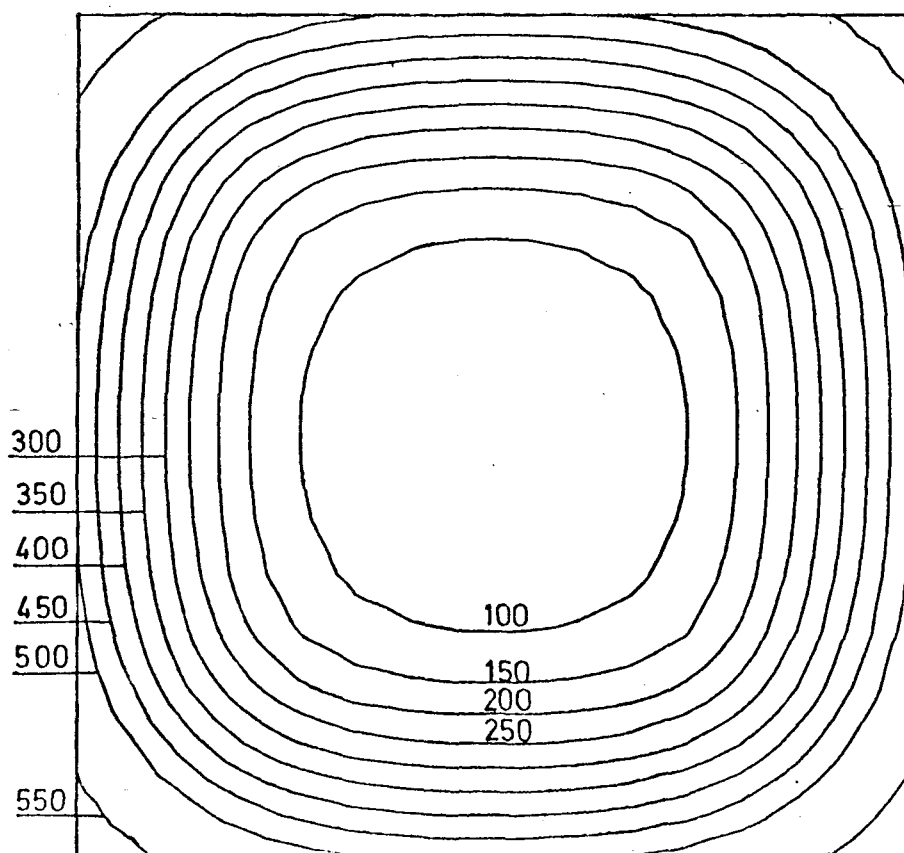


Bild 4.74: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 30 min Branddauer

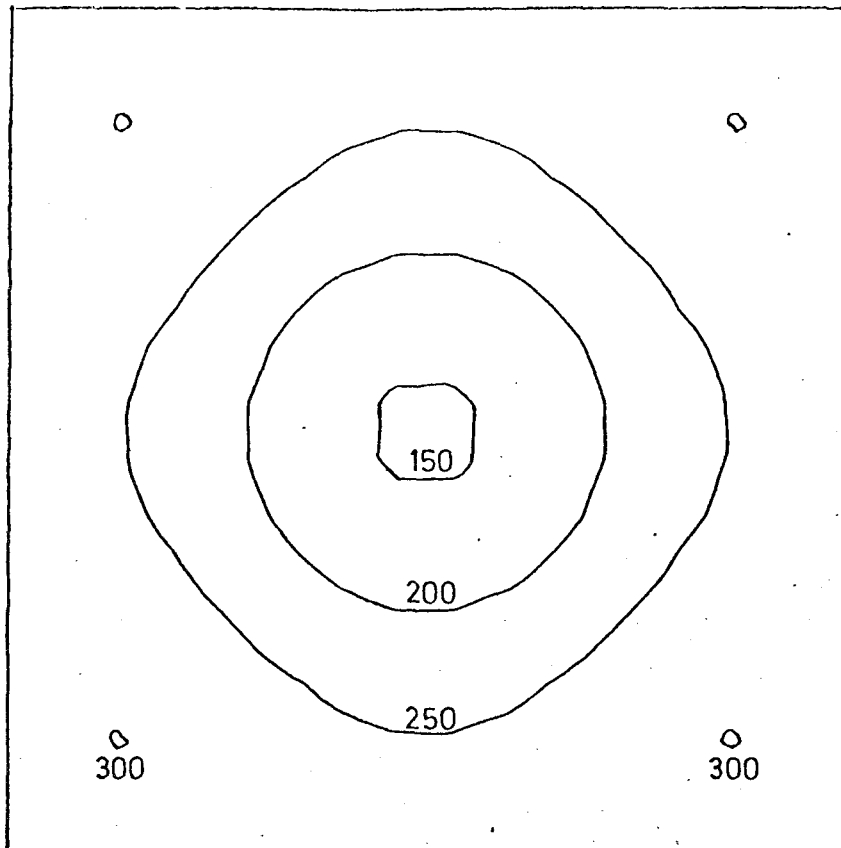


Bild 4.75: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 60 min Branddauer

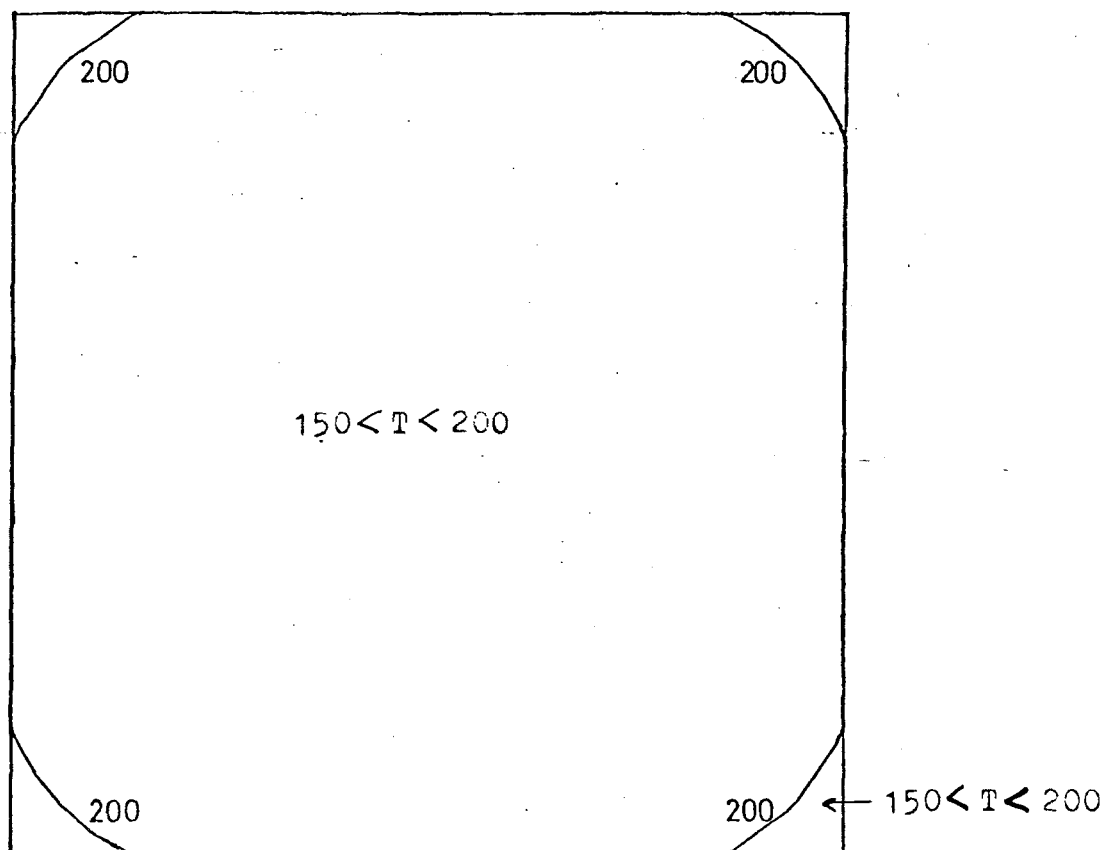


Bild 4.76: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts beo 90 min Branddauer

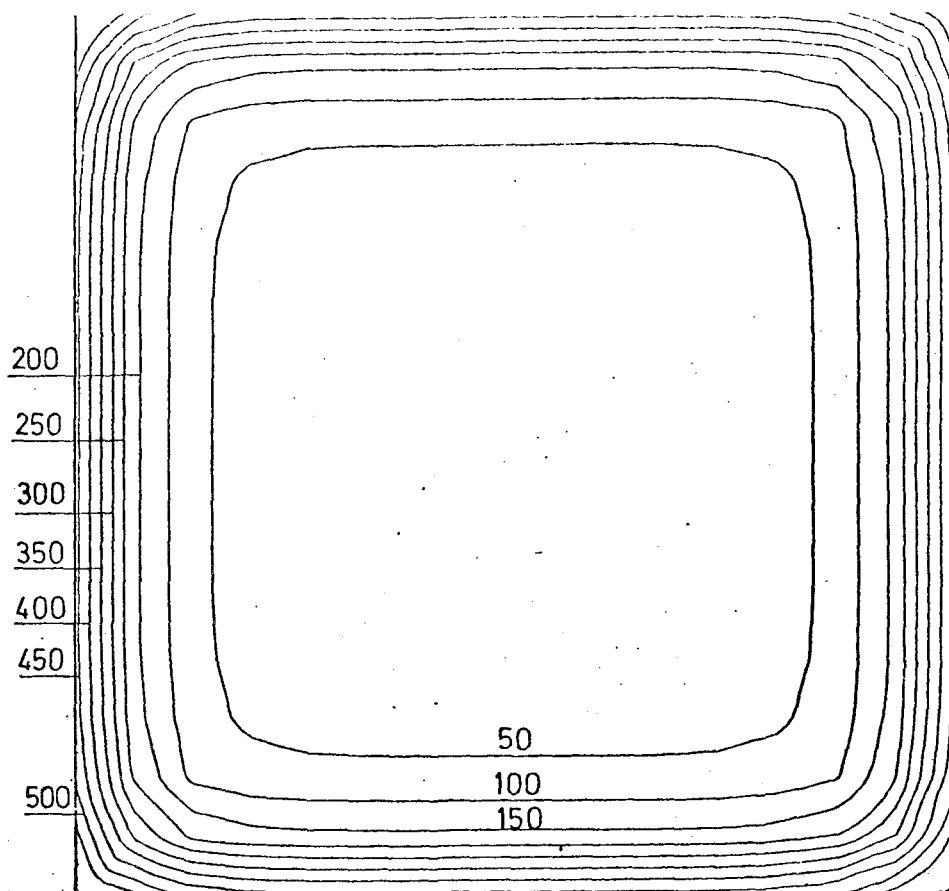


Bild 4.77: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 15 min Branddauer

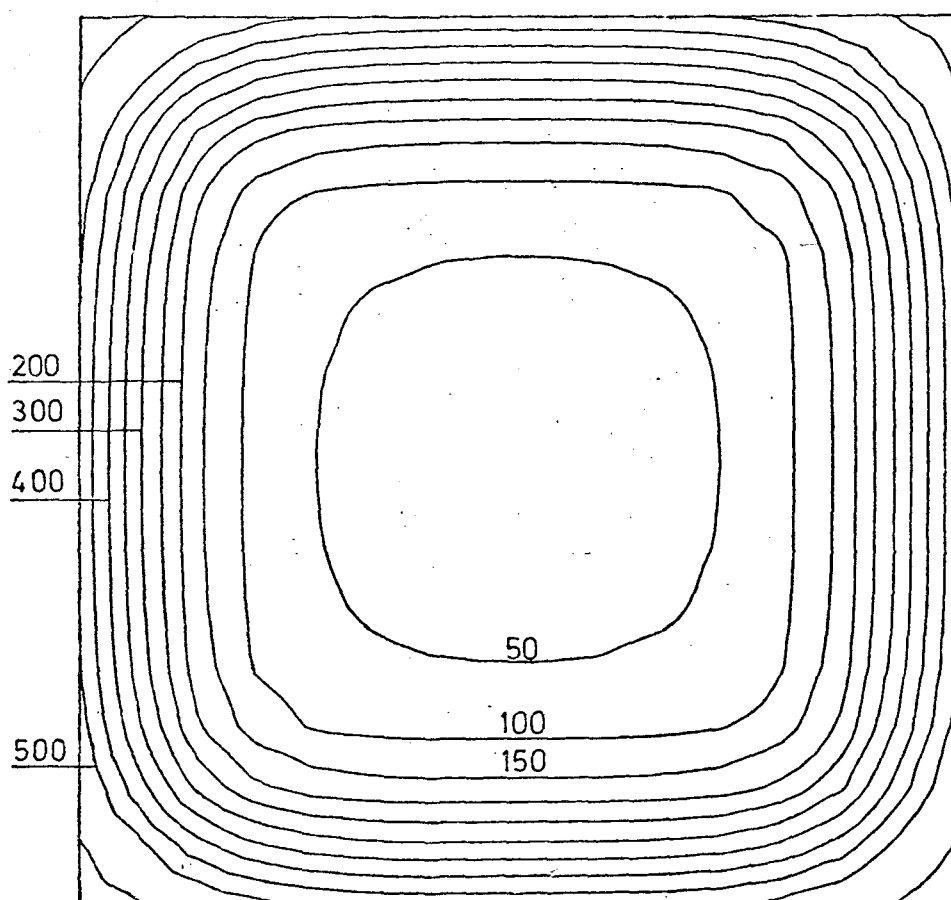


Bild 4.78: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 30 min Branddauer

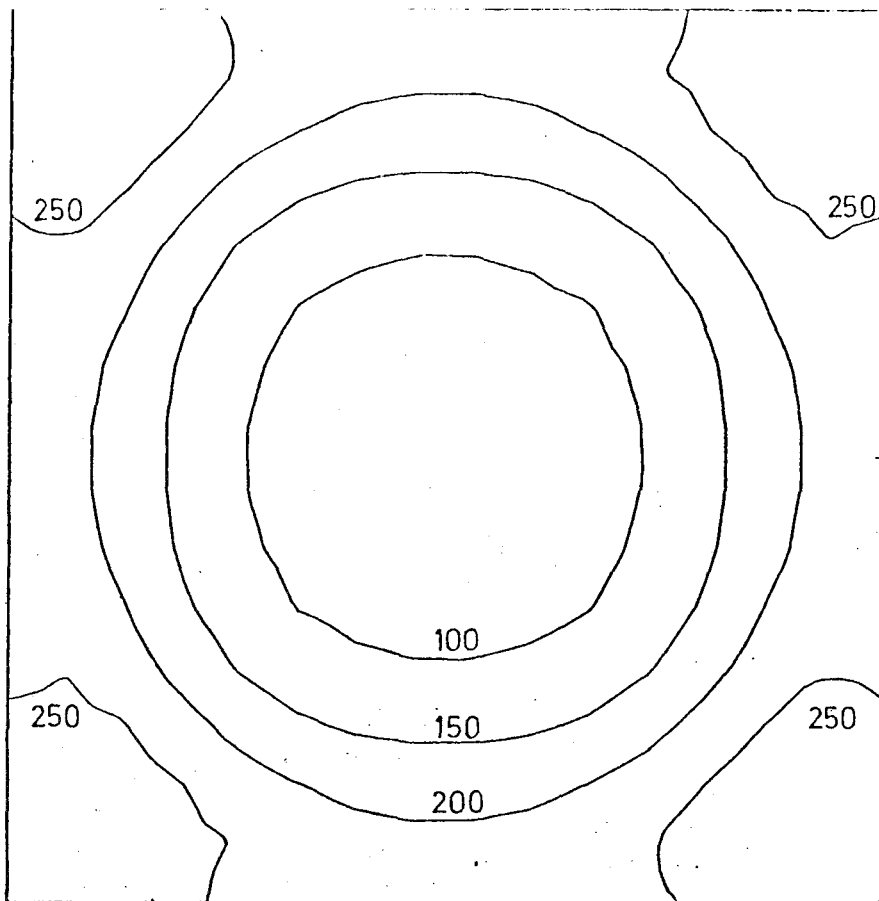


Bild 4.79: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 60 min Branddauer

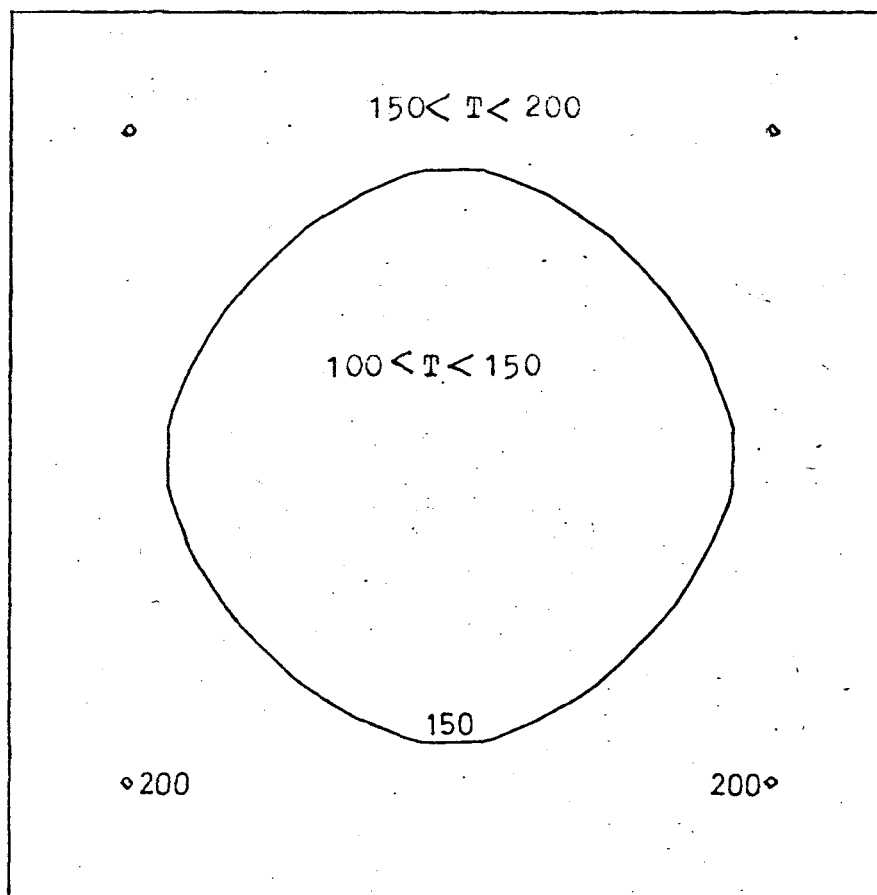


Bild 4.80: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 90 min Branddauer

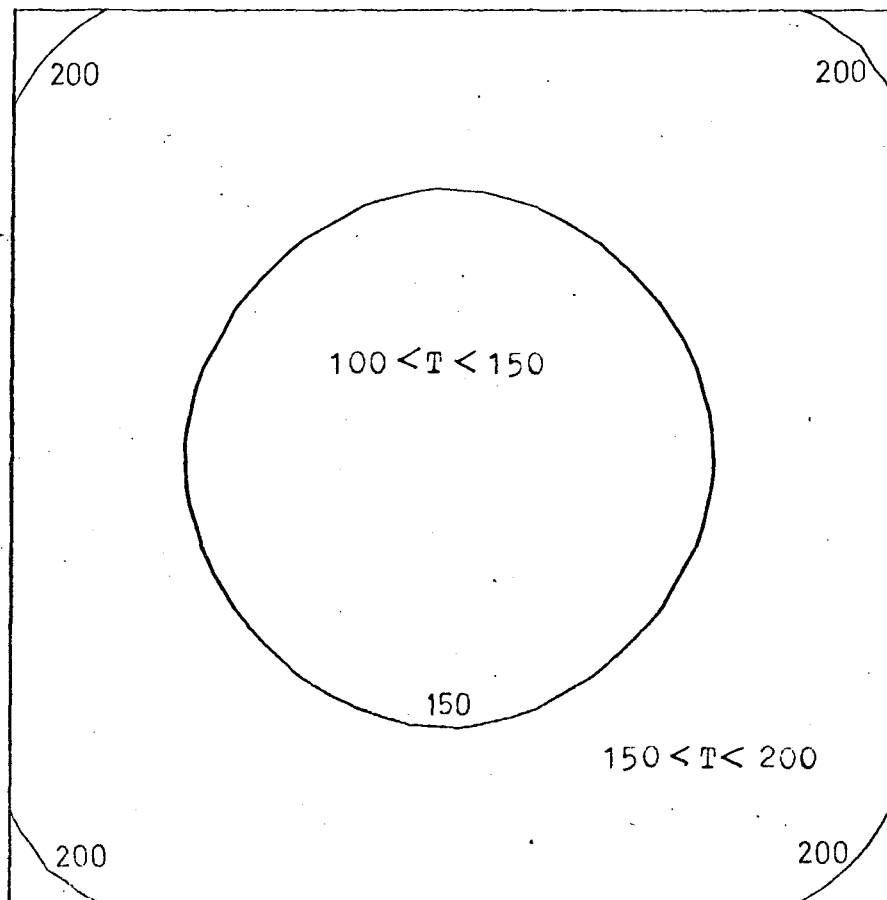


Bild 4.81: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 120 min Branddauer

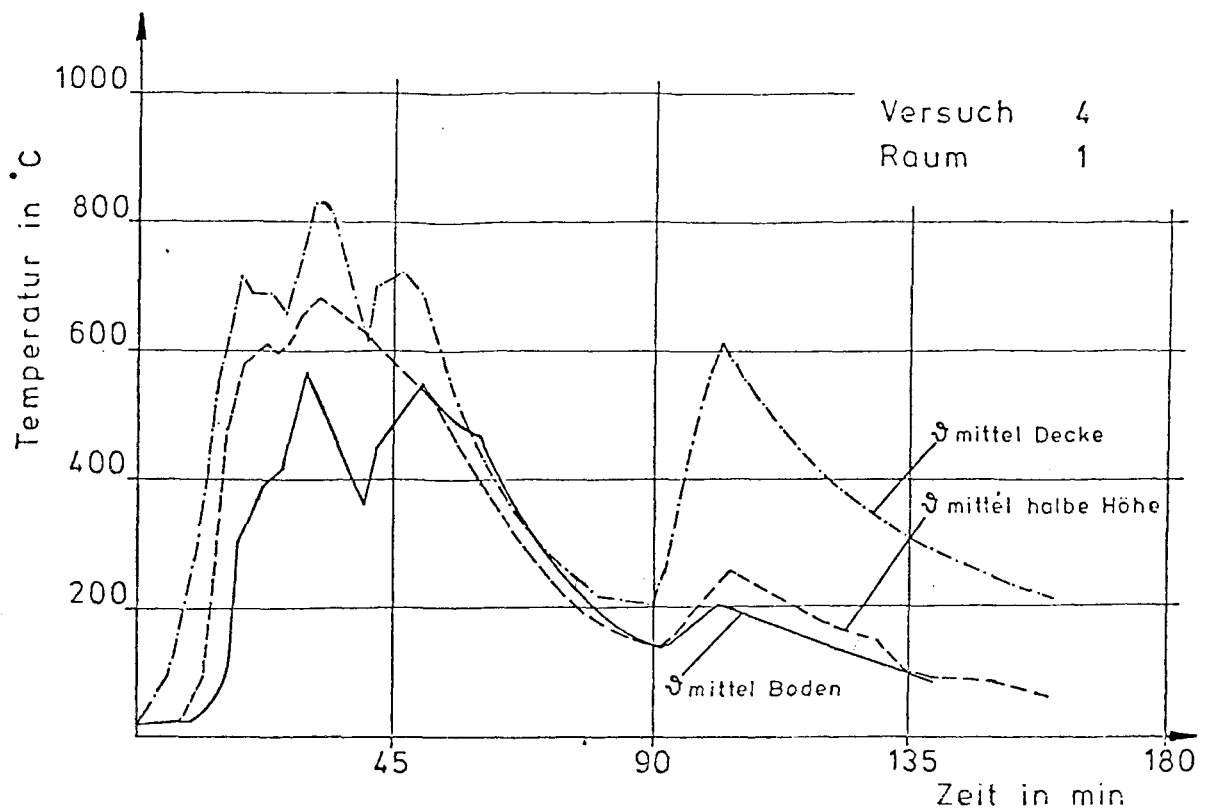
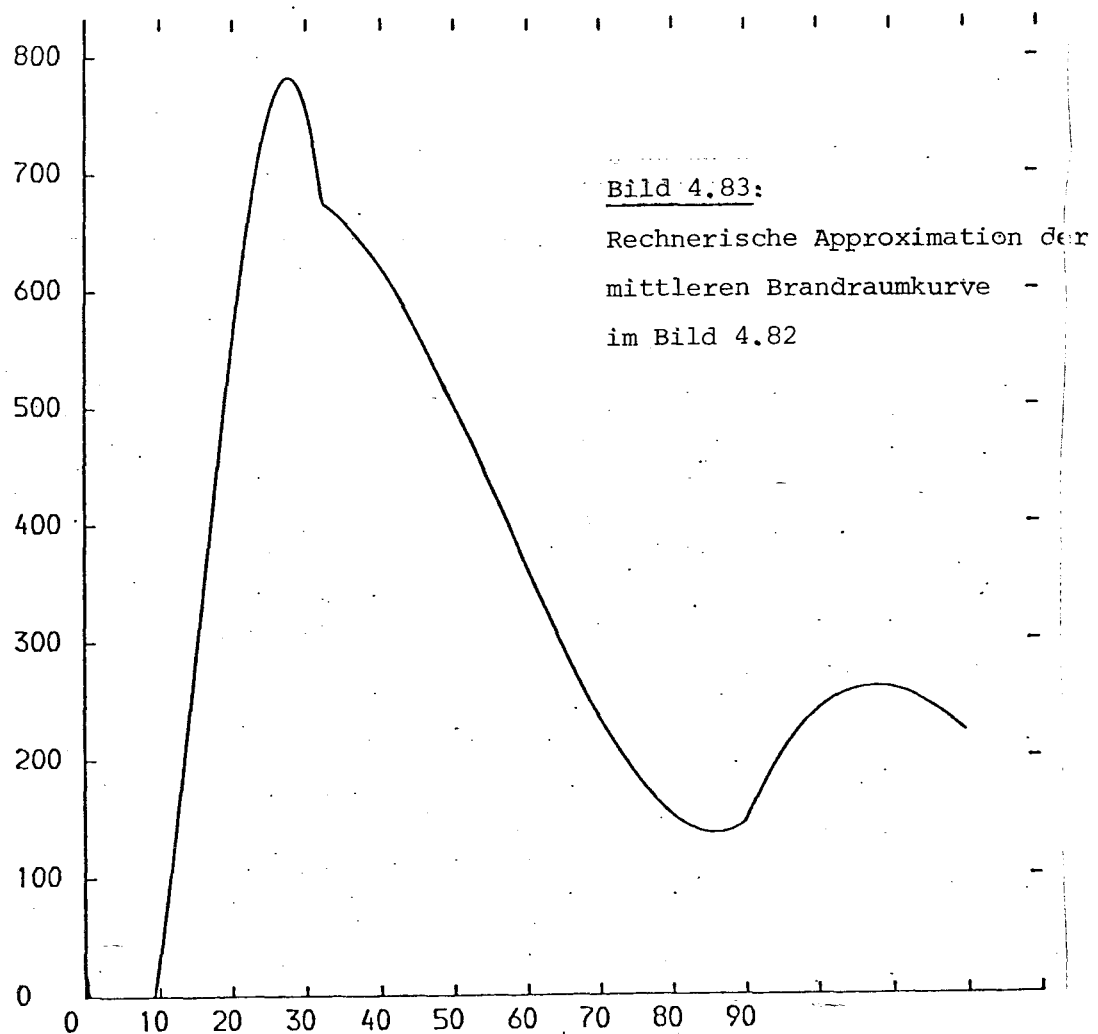


Bild 4.82: Brandraumtemperaturkurve bei 30 kg/m^2 Holzgewicht-Brandlast (HGW) und 49 % Ventilation



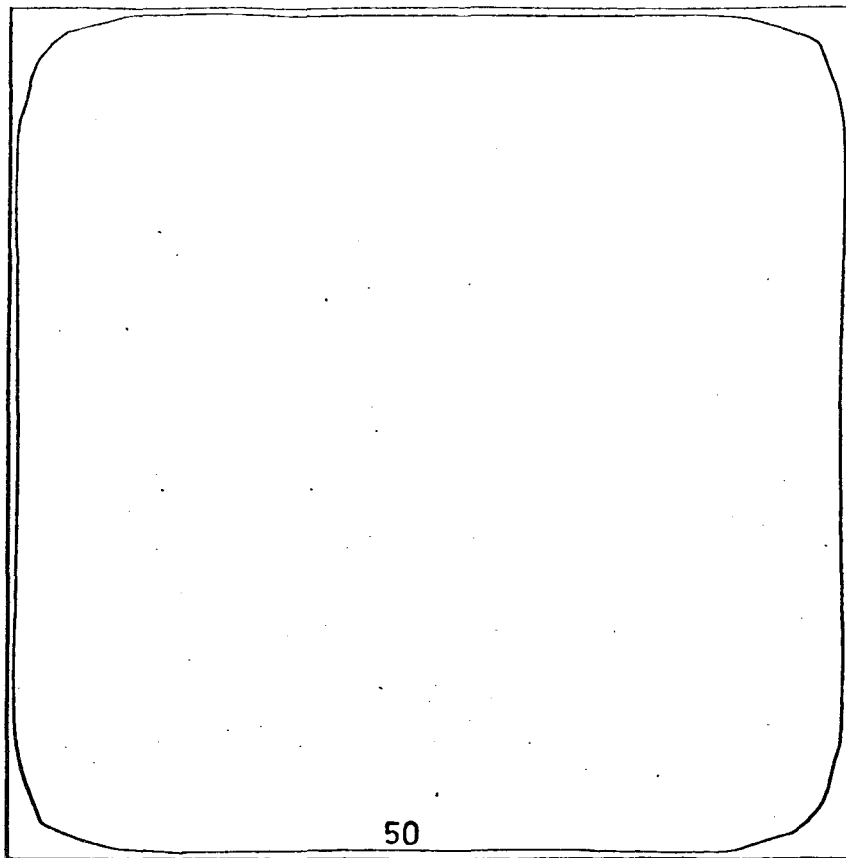


Bild 4.84: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 15 min Branddauer

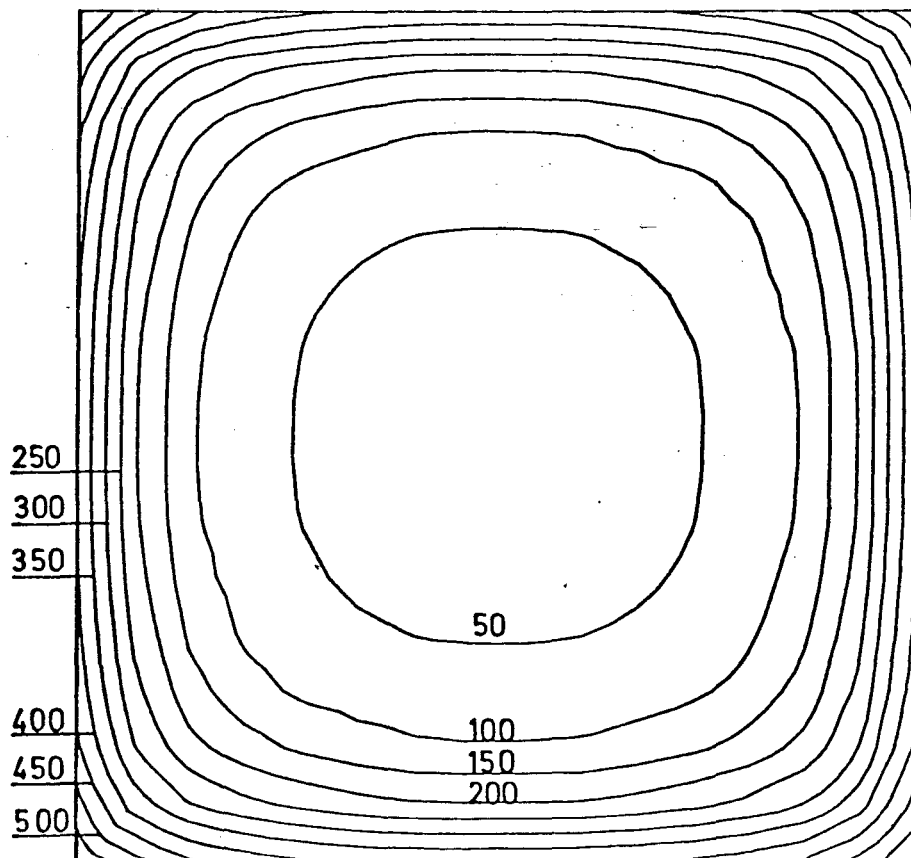


Bild 4.85: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 30 min Branddauer

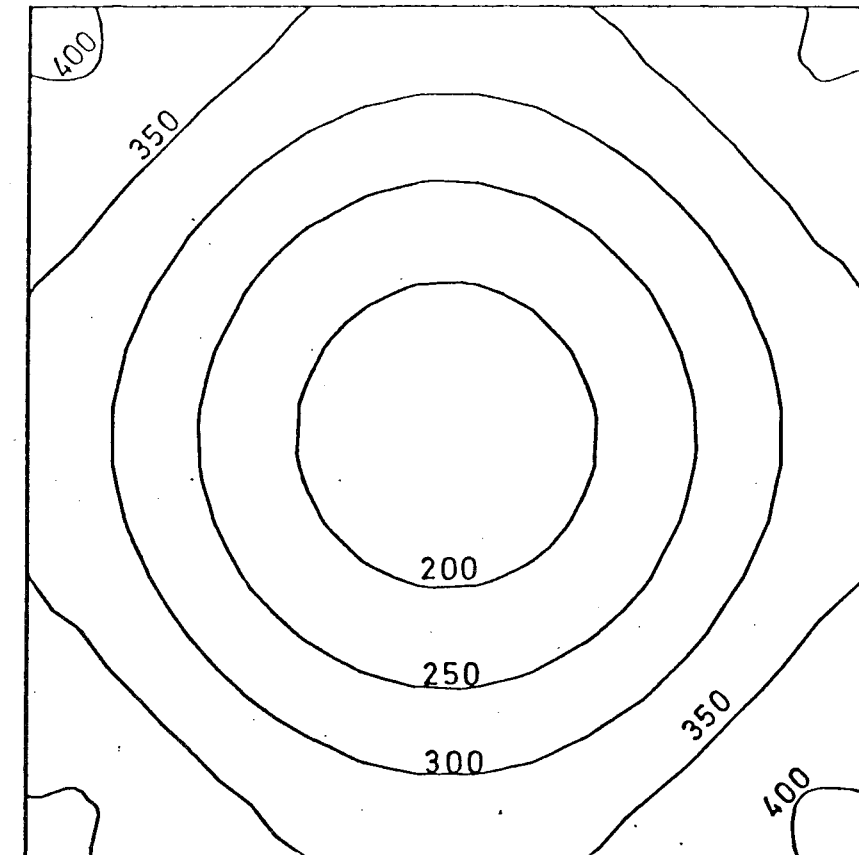


Bild 4.86: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 60 min Branddauer

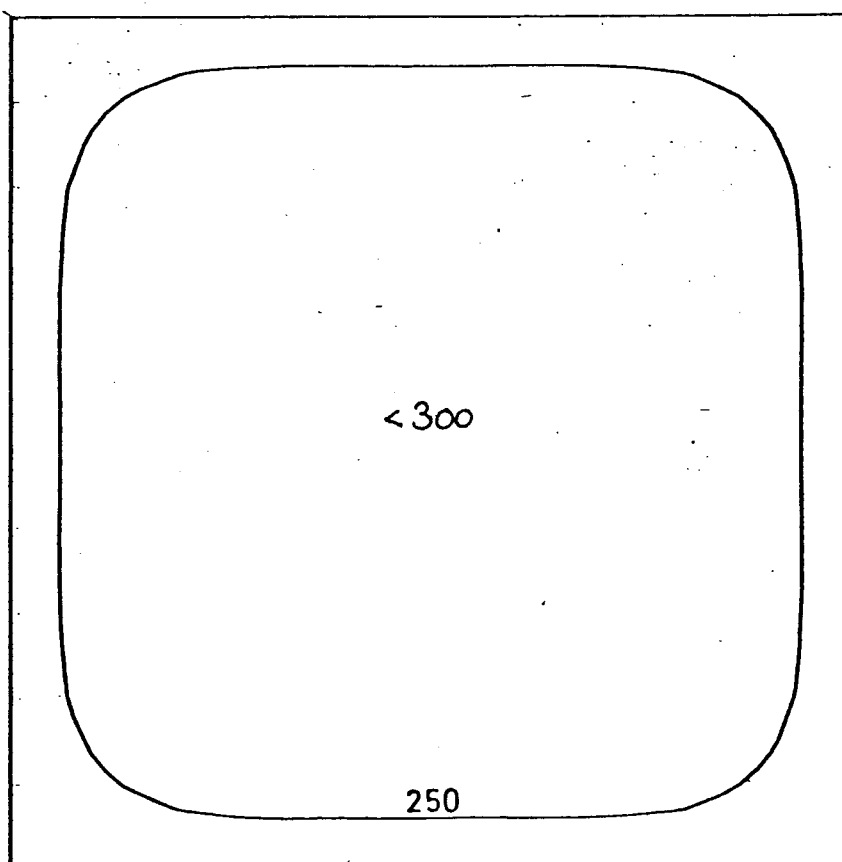


Bild 4.87: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 90 min Branddauer

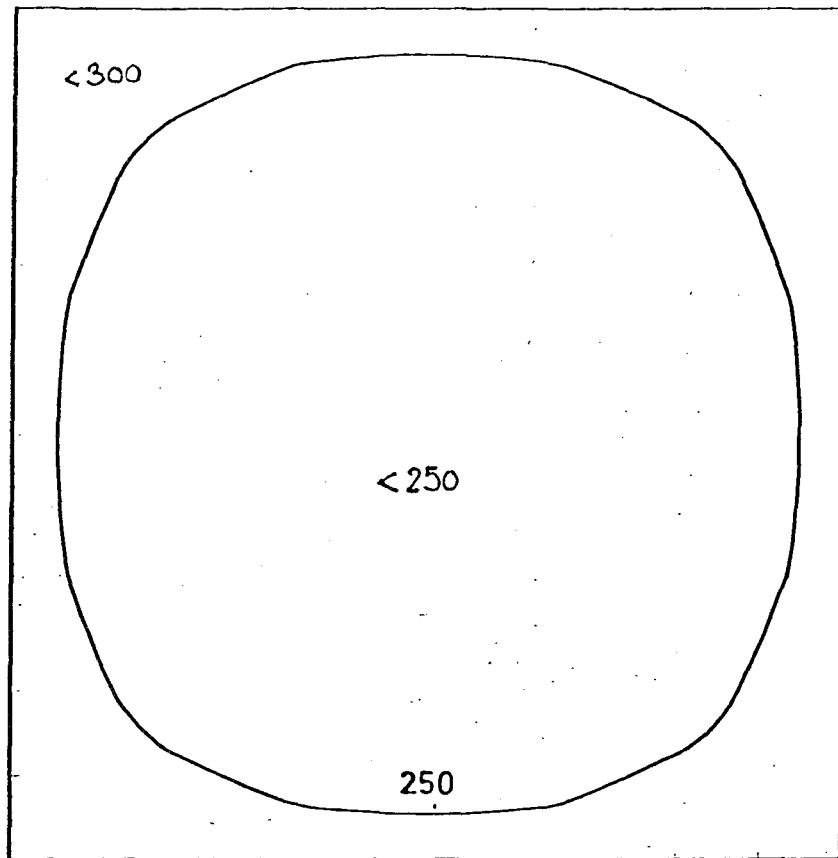


Bild 4.88: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 120 min Branddauer

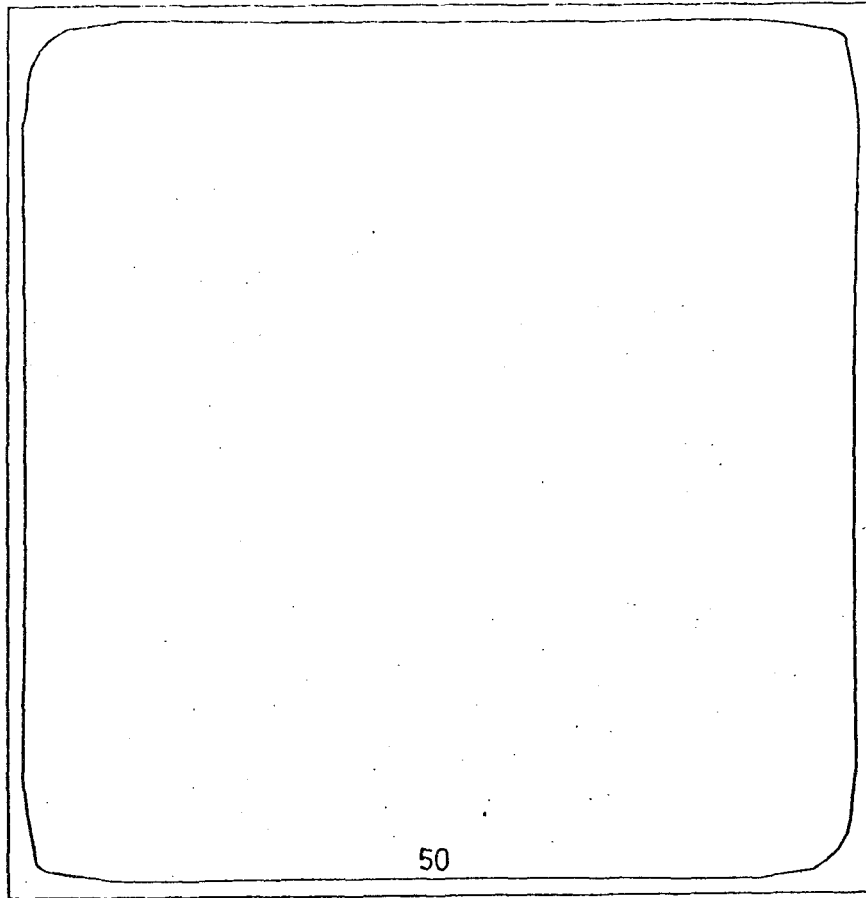


Bild 4.89: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 15 min Branddauer

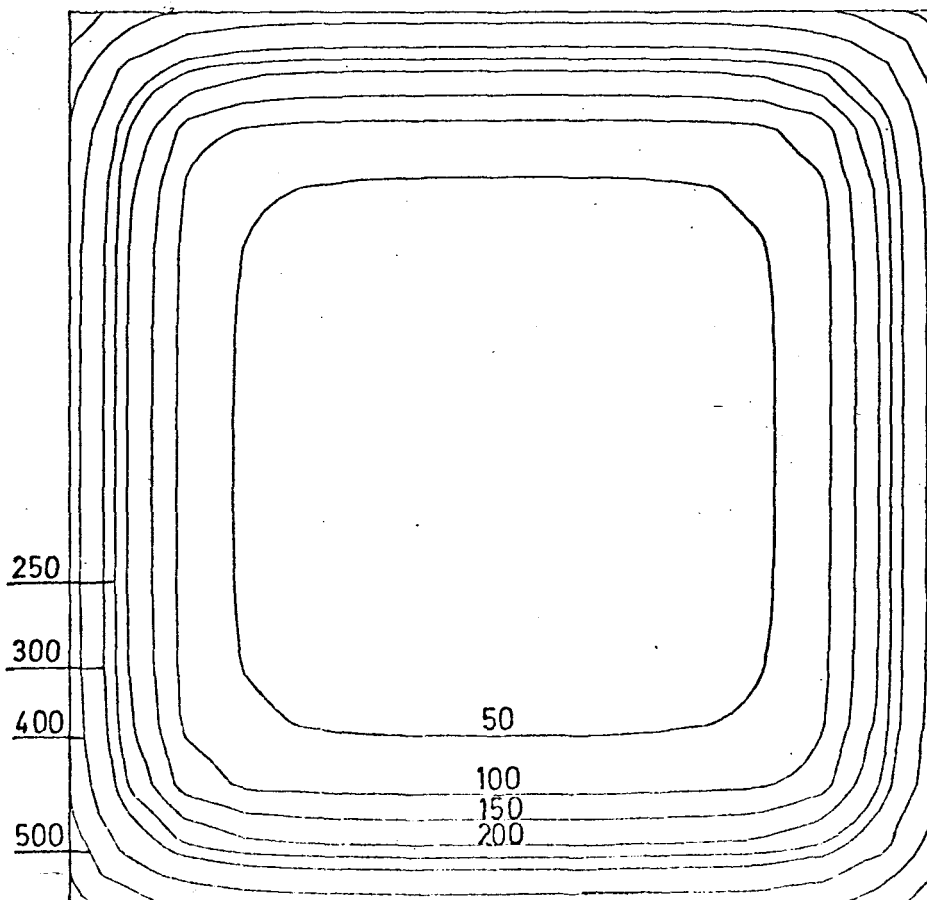


Bild 4.90: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 30 min Branddauer

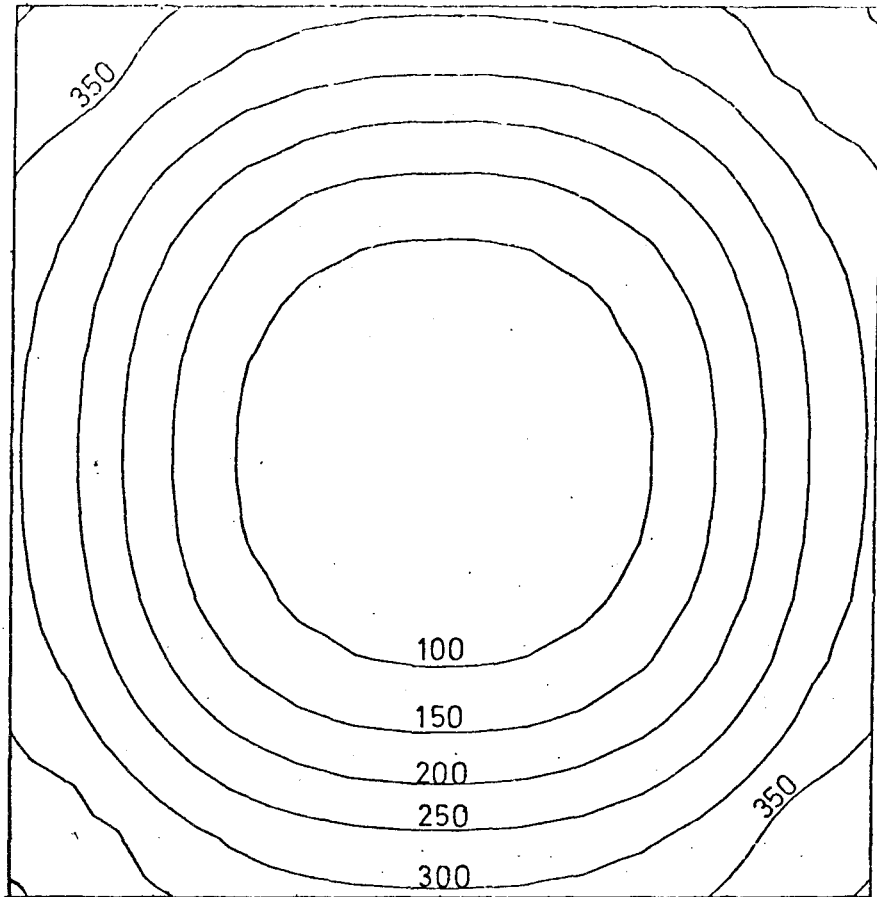


Bild 4.91: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 60 min Branddauer

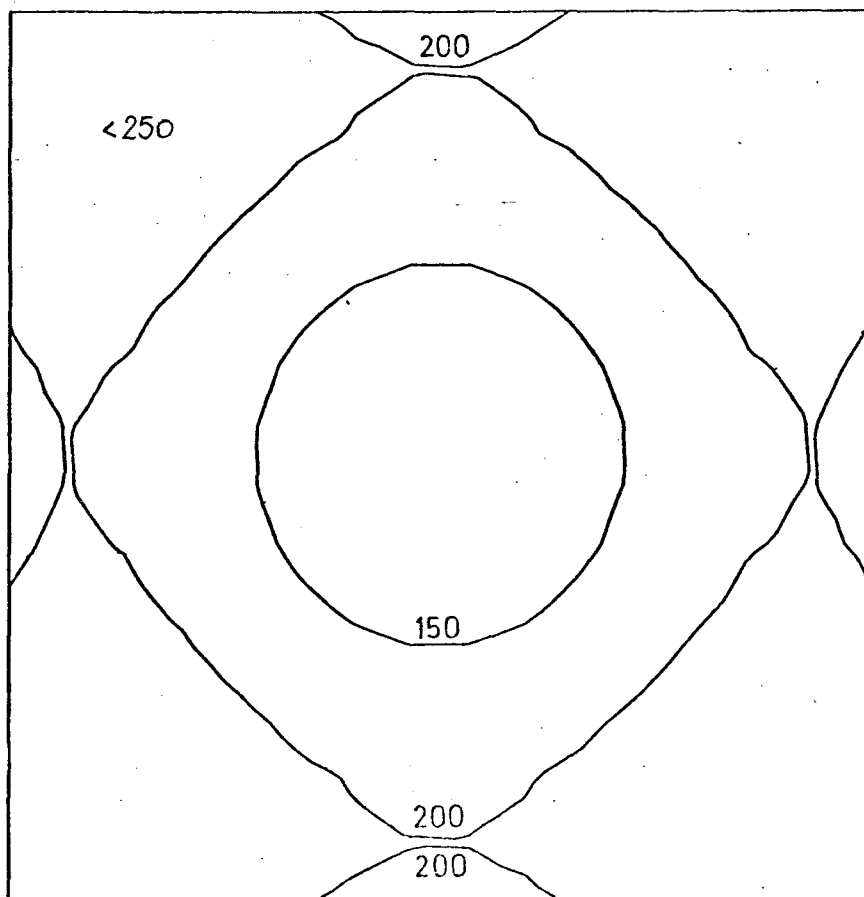


Bild 4.92: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 90 min Branddauer

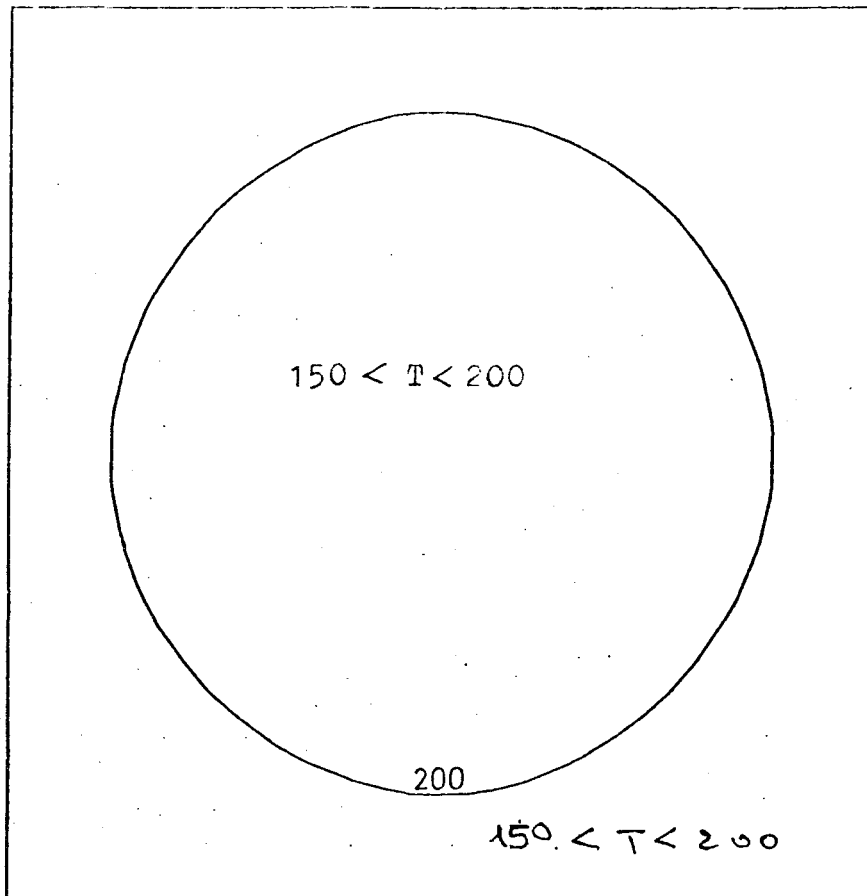


Bild 4.93: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 120 min Branddauer

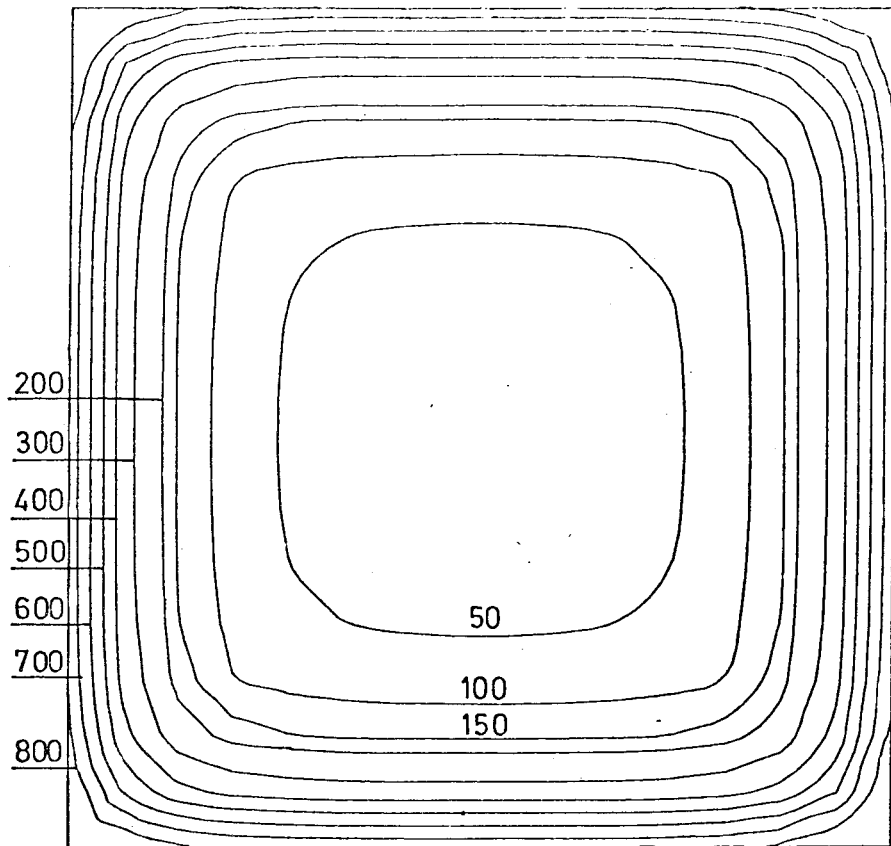


Bild 4.96: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 15 min Branddauer

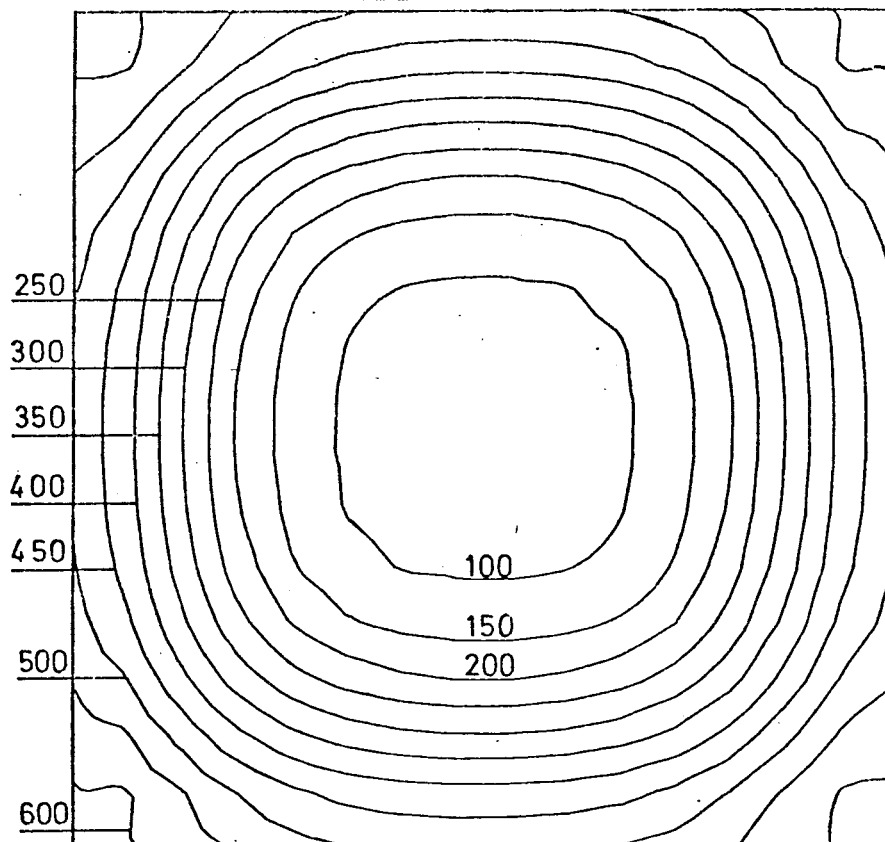


Bild 4.97: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 30 min Branddauer

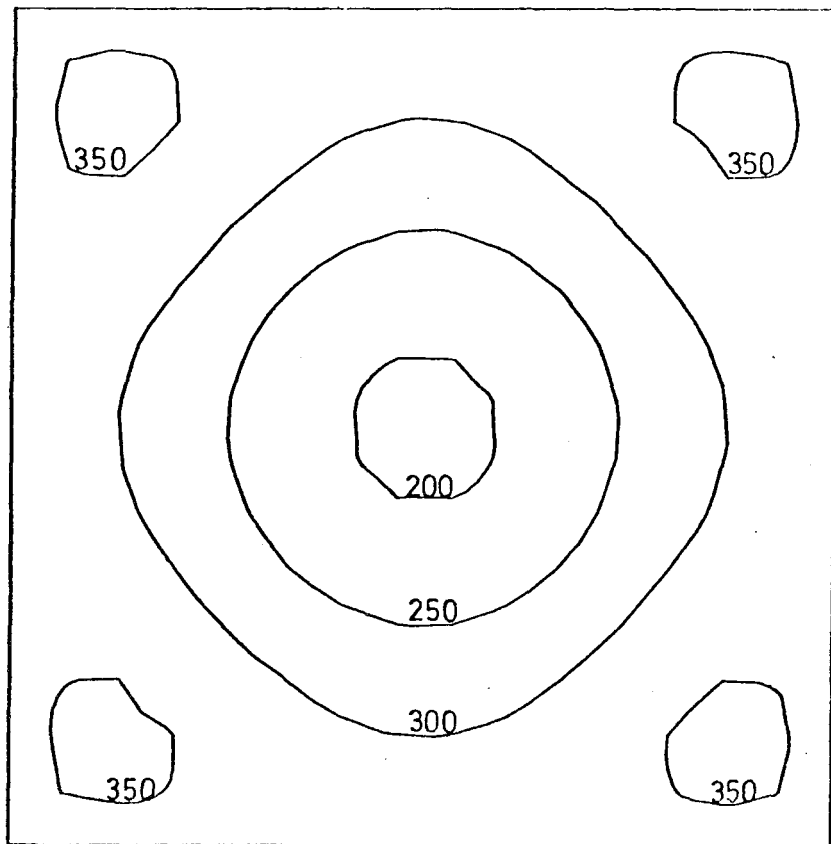


Bild 4.98: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 60 min Branddauer

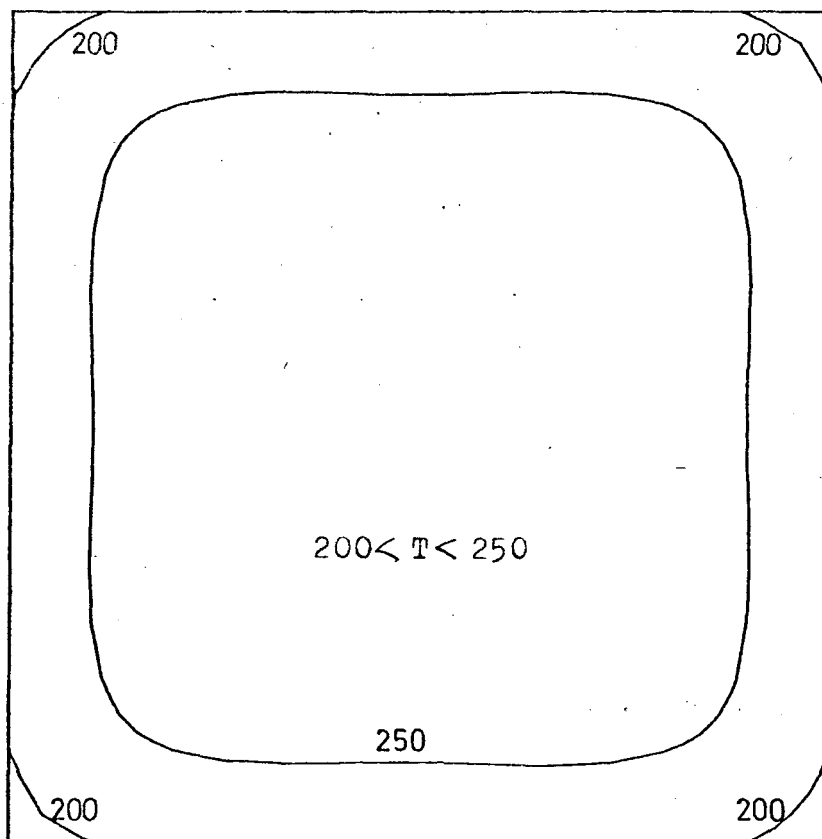


Bild 4.99: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 90 min Branddauer

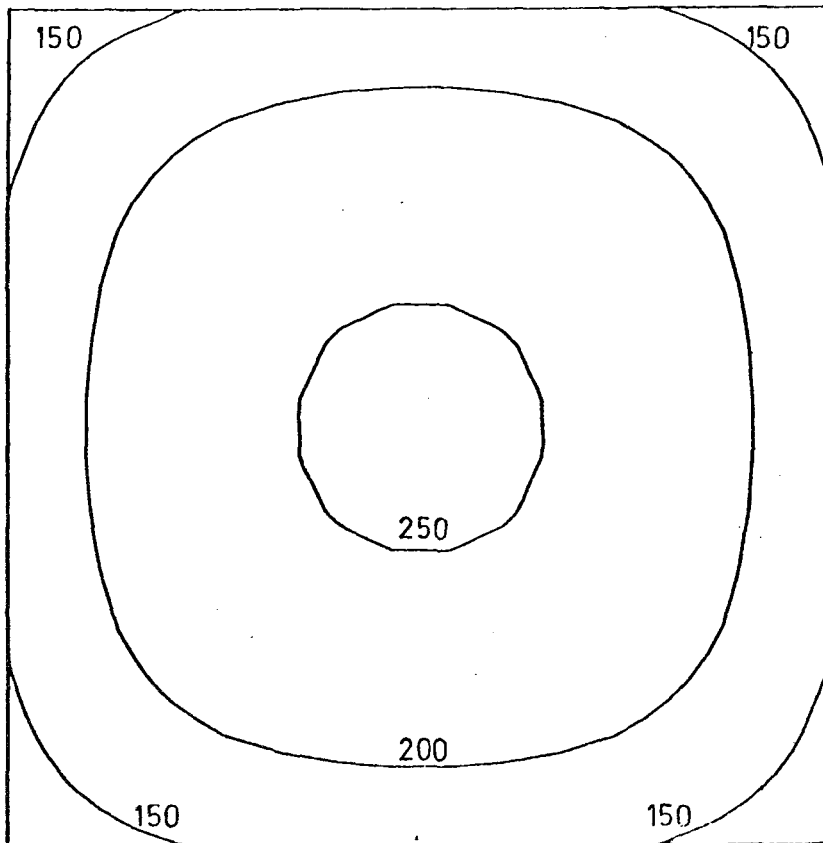


Bild 4.100: Isothermenbilder eines 20/20 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 120 min Branddauer

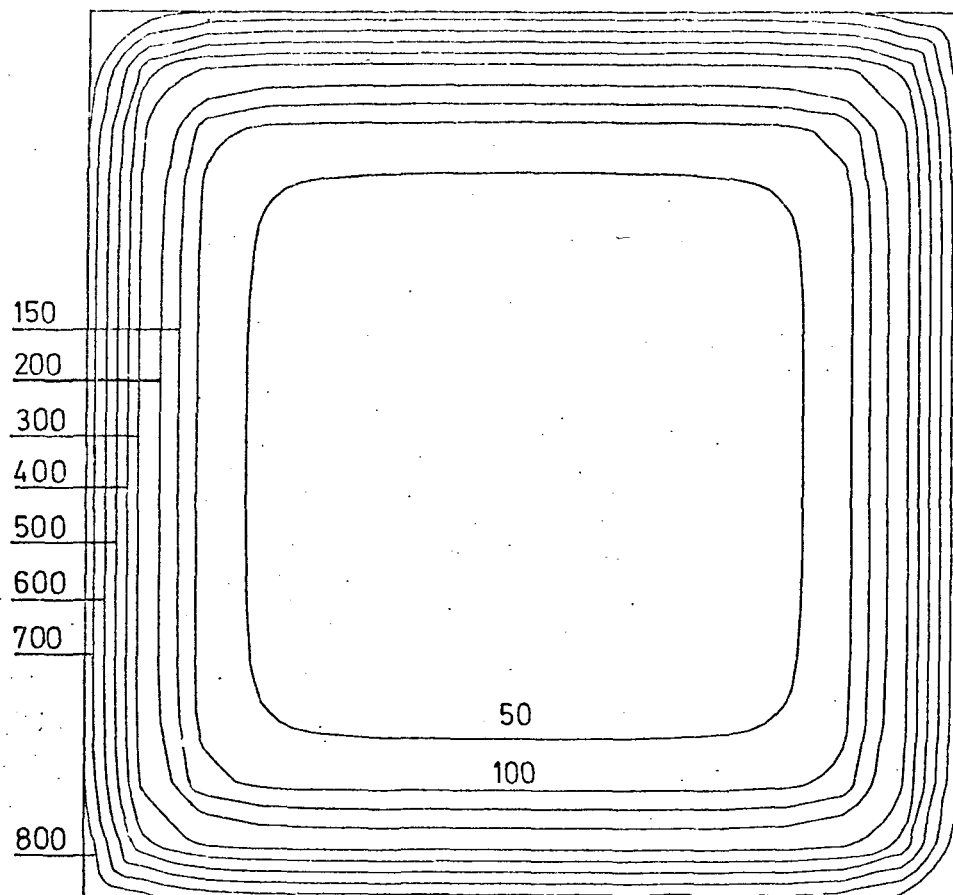


Bild 4.101: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 15 min Branddauer

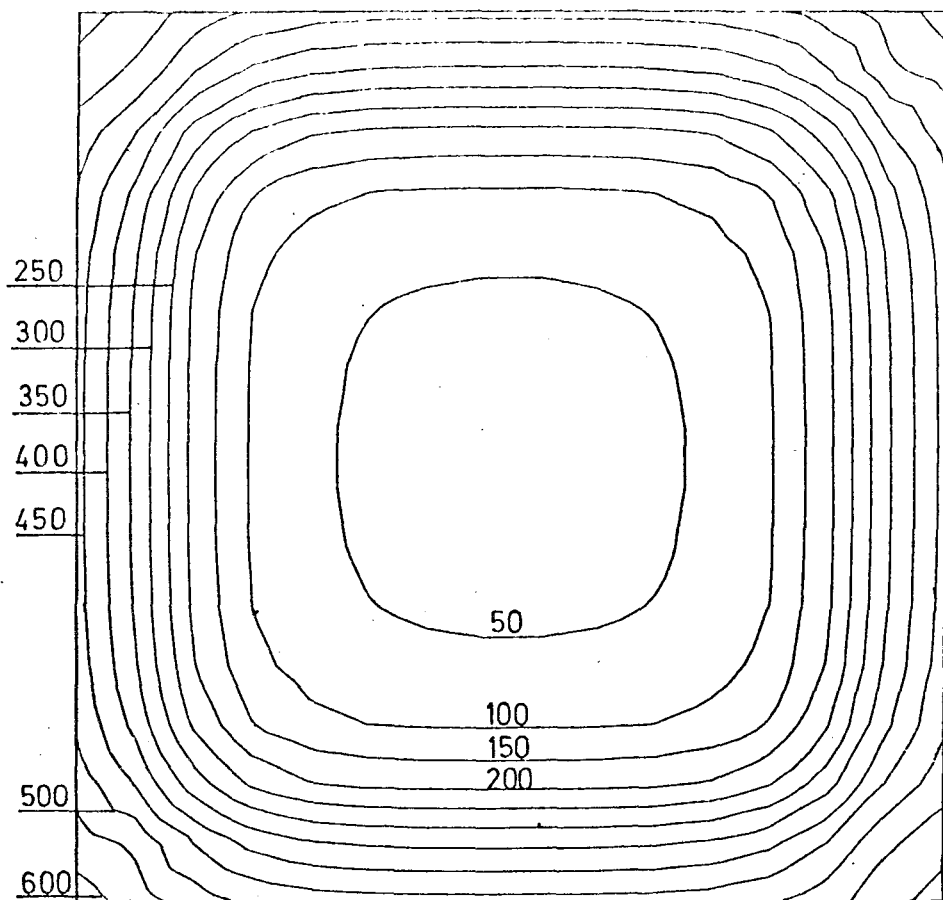


Bild 4.102: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 30 min Branddauer

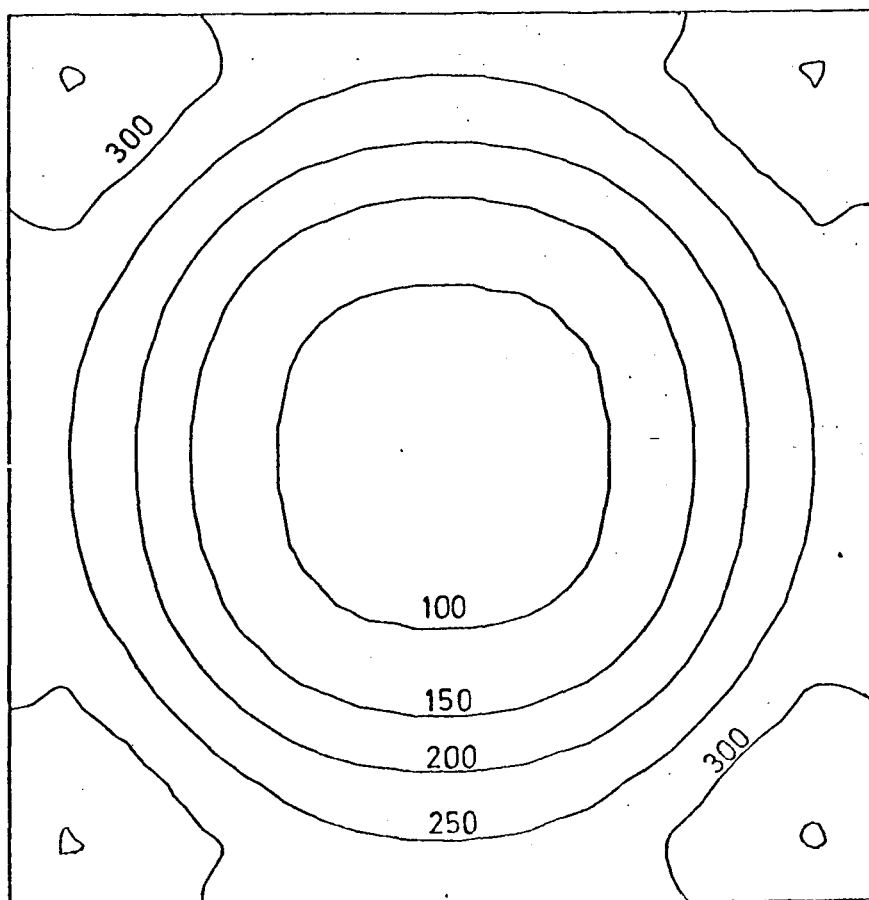


Bild 4.103: Isothermenbilder eines 30/30 cm Stahlbeton-Querschnitts bei 60 min Branddauer

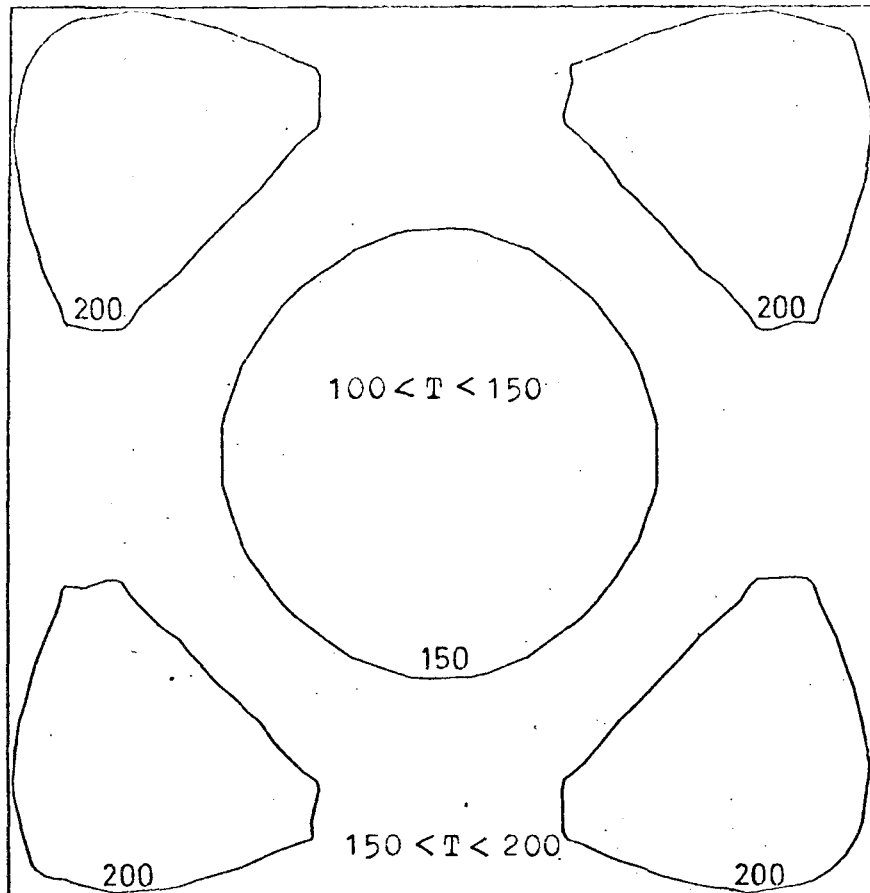


Bild 4.104: Isothermenbilder eines 30/30 Stahlbeton-Querschnitts bei 90 min Branddauer

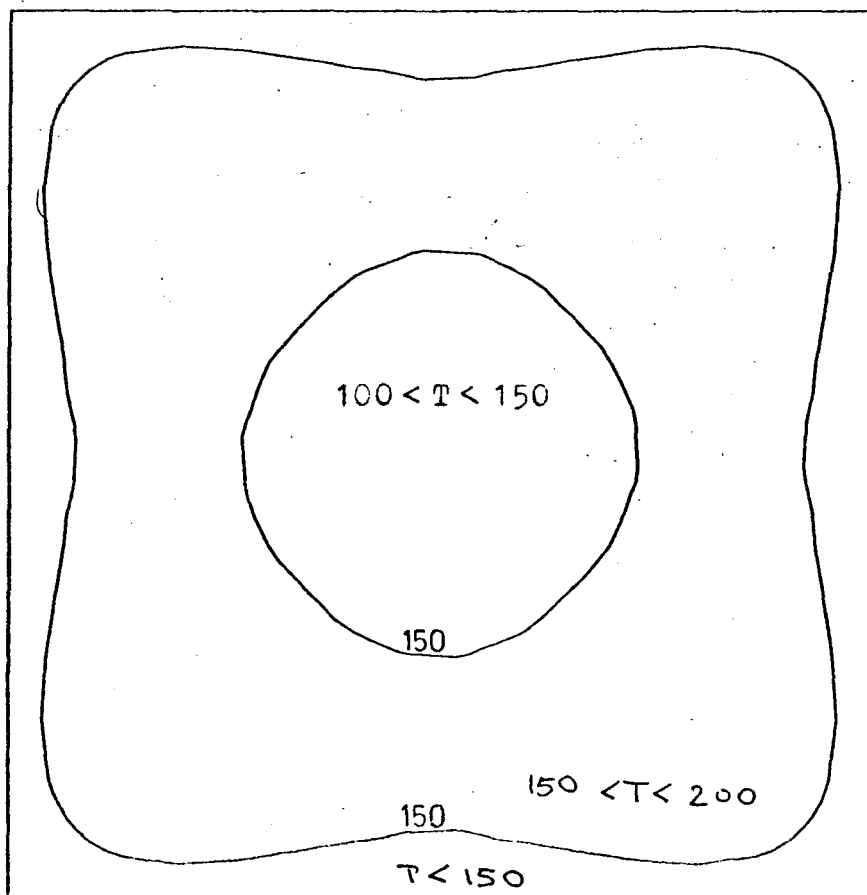


Bild 4.105: Isothermenbilder eines 30/30 Stahlbeton-Querschnitts bei 120 min Branddauer

Zu den Tabellen:

IV entspricht Abschnitt 4 des Textteils

1 Nummer der Brandraumkurve

a einfacher Balkenquerschnitt

b Plattenbalken-Querschnitt

```

TTTTTTTTTTTTT
TTTTTTTTTTTTT
  TT
  TT
  TT
  TT
  TT
  TT
  TT
  TT
  TT
  TT

```

```

AAAAAAA
AAAAAAAAA
  AA    AA
  AA    AA
  AA    AA
AAAAAAAAA
AAAAAAAAA
  AA    AA
  AA    AA
  AA    AA
  AA    AA
  AA    AA
  AA    AA

```

```

SSSSSSSS
SSSSSSSSSS
  SS      SS
  SSS     SS
    SSS
      SSS
        SSS
          SSS
            SS
            SS
            SS
            SS
SSSSSSSSSS
SSSSSSSS

```

```

EEEEEEEEEEEE
EEEEEEEEEEEE
  EE
  EE
  EE
EEEEEEEE
EEEEEEEE
  EE
  EE
  EE
EEEEEEEEEEEE
EEEEEEEEEEEE

```

```

FFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFF
  FF
  FF
  FF
FFFFFFFFF
FFFFFFFFF
  FF
  FF
  FF
FFFFFFFFF
FFFFFFFFF

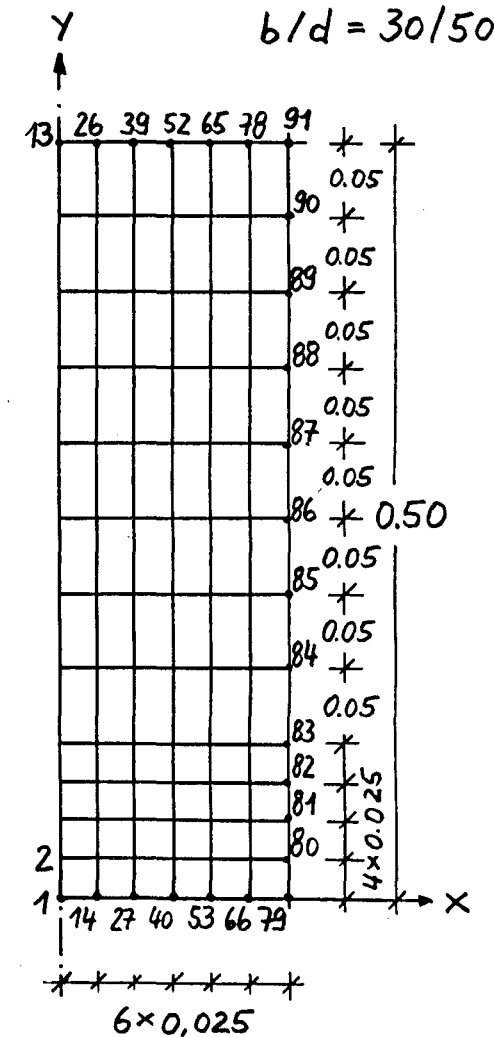
```

TEMPERATURE ANALYSIS OF STRUCTURES EXPOSED TO FIRE
 SOLVES NON LINEAR TRANSIENT FIELD PROBLEMS
 *** TWO DIMENSIONAL VERSION ***
 PROGRAMMED BY ULF WICKSTROM
 LUND FEB 1979

TITLE OF RUN : DREISEITIG BEFLAMMTER BALKEN

GEOMETRY

MAXIMUM COORDINATES XMAX= .150 YMAX= .500
 MAXIMUM ELEMENT LENGTH XBOX= .250-01 YBOX= .500-01



CONDUCTIVITY IS KEPT CONSTANT AFTER REACHING MAXIMUM TEMPERATURE

TEMP	CONDUCTIVITY	TEMP	ENTHALPHY	ENT/TEMP
24.	.1780+01	0.	.0000	.5560+03
115.	.1280+01	100.	.5560+05	.5560+03
243.	.1170+01	115.	.9100+05	.7913+03
401.	.1170+01	200.	.1294+06	.6470+03
643.	.9200+00	600.	.3972+06	.6620+03
895.	.8500+00	1000.	.6967+06	.6967+03
1500.	.8500+00	1500.	.1000+07	.6667+03

INITIAL DATA

INITIAL TEMPERATURE= 25.0
AMBIENT TEMPERATURE= 25.0
STEFAN-BOLTZMANN CONSTANT= .577-07
ABSOLUTE TEMPERATURE SHIFT= 273.

NODE GROUPS

NODE GROUP 1

EMISSIVITY=

CONVECTION FACTOR= .990

CONVECTION POWER= 1.33

NODES	1	14	27	40	53	66	79	80	81	82
	83	84	85	86	87	88	89	90	91	

NODE GROUP 2

EMISSIVITY= .800

CONVECTION FACTOR= 2.20

CONVECTION POWER= 1.25

NODES	13	26	39	52	65	78
-------	----	----	----	----	----	----

PREScribed FLOW BOUNDARY

NOD EROU 1 DE E NDA
 NODÉ GROUP 2 AMBIENT BOUNDARY

Tabelle IV, 1, a

VOIDS

THIS STRUCTURE HAS NO VOIDS

TIME

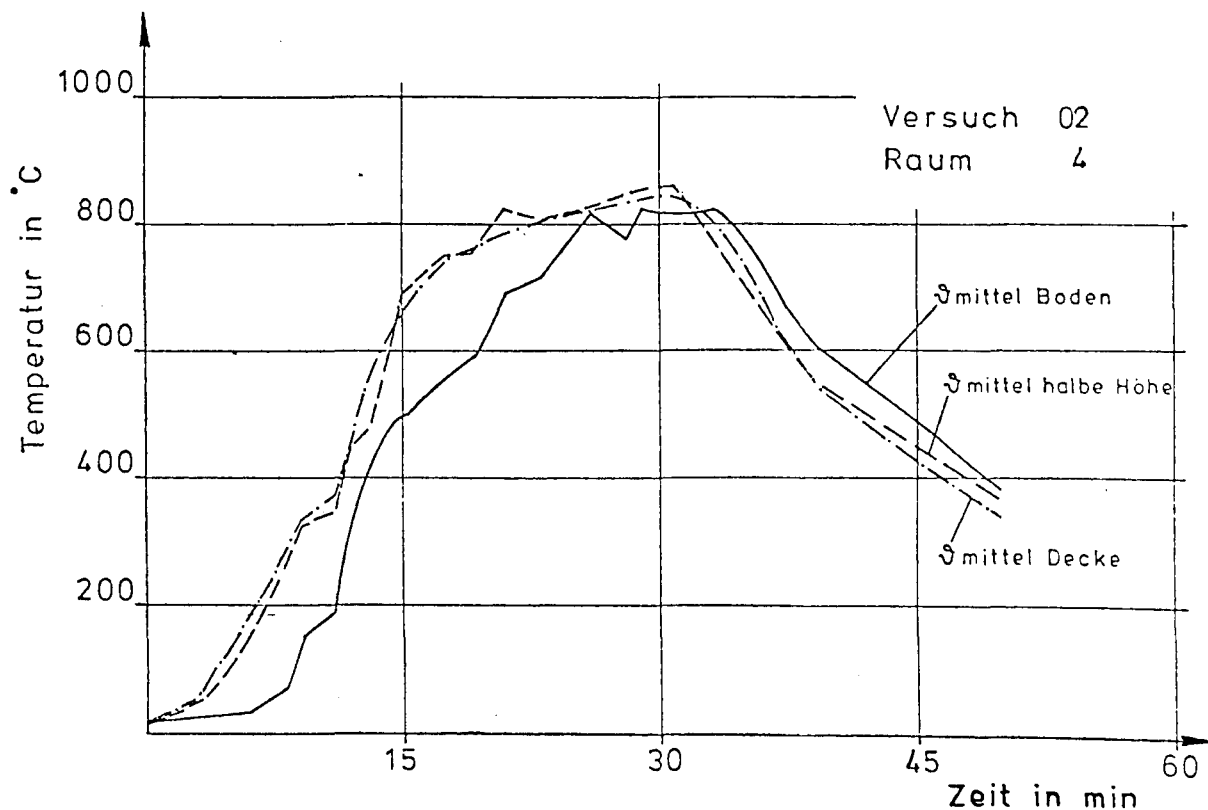
MAXIMUM TIME= 1.50
 MAXIMUM TIME INCREMENT= 1.50
 CRITICAL TIME INCREMENT FACTOR= 1.00
 MAXIMUM NUMBER OF TIME INCREMENTS= 1000
 NUMBER OF STEPS BETWEEN UPDATING OF CONDUCTION MATRIX= 1
 PRINT OUT TIMES .25 .50 .75 1.0 1.5

FIRE BOUNDARY TEMPERATURE

VERSUCH 02 RAUM 4

FIRE BOUNDARY TIME - TEMPERATURE INPUT PAIRS

TIME	TEMPERATURE
.000	20.0
.830-01	106.
.167	329.
.250	681.
.333	770.
.417	821.
.517	859.
.667	539.
.833	369.
1.08	20.0



***** TIME .250 ***** INCREMENT NUMBER 5 *****

Tabelle IV, 1, a

FIRE TEMPERATURE 681. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 82

375.	58.	29.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
375.	58.	29.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
375.	58.	29.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
375.	59.	29.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
377.	62.	32.	29.	29.	29.	29.	29.	29.	29.	29.	29.	29.
396.	91.	62.	59.	58.	58.	58.	58.	58.	58.	58.	58.	58.
667.	396.	377.	375.	375.	375.	375.	375.	375.	375.	375.	375.	375.

***** TIME .500 ***** INCREMENT NUMBER 12 *****

FIRE TEMPERATURE 853. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

756.	281.	99.	44.	29.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
756.	281.	99.	45.	29.	26.	26.	26.	26.	26.	26.	26.	26.
756.	282.	100.	47.	32.	29.	29.	29.	29.	29.	29.	29.	29.
758.	287.	103.	59.	47.	44.	44.	44.	44.	44.	44.	44.	42.
766.	317.	126.	103.	100.	99.	99.	99.	99.	99.	99.	98.	90.
794.	431.	317.	287.	282.	281.	281.	281.	281.	281.	281.	281.	271.
852.	794.	766.	758.	756.	756.	756.	756.	756.	756.	756.	756.	755.

***** TIME .750 ***** INCREMENT NUMBER 19 *****

FIRE TEMPERATURE 454. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

433.	323.	172.	81.	47.	32.	30.	30.	30.	30.	30.	30.	29.
433.	324.	174.	84.	50.	35.	33.	33.	33.	33.	33.	33.	32.
436.	331.	186.	95.	61.	48.	46.	46.	46.	46.	46.	45.	43.
443.	350.	213.	108.	94.	81.	79.	79.	79.	79.	79.	77.	69.
459.	398.	281.	213.	184.	171.	170.	170.	170.	170.	170.	168.	128.
485.	477.	398.	349.	329.	323.	322.	322.	322.	322.	322.	321.	289.
452.	485.	459.	443.	435.	433.	433.	433.	433.	433.	433.	431.	427.

***** TIME 1.000 ***** INCREMENT NUMBER 23 *****

FIRE TEMPERATURE 136. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

261.	274.	197.	107.	74.	47.	42.	41.	41.	41.	41.	40.	38.
263.	277.	200.	109.	78.	53.	48.	48.	47.	47.	47.	46.	43.
268.	287.	215.	125.	94.	72.	68.	68.	68.	68.	68.	68.	59.
279.	311.	250.	186.	116.	107.	105.	105.	105.	105.	105.	103.	92.
295.	348.	307.	249.	212.	195.	193.	193.	193.	193.	192.	189.	143.
300.	374.	348.	310.	285.	273.	271.	271.	271.	271.	270.	267.	223.
246.	300.	295.	279.	267.	260.	260.	259.	259.	259.	259.	255.	245.

TTTTTTTTTTTTT	AAAAAAA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFFFF
TTTTTTTTTTTTT	AAAAAAAAA	SSSSSSSSSS	EEEEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFFFF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFF
TT	AAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSSSSSSSSS	EEEEEEEEEEEEEE	FF
TT	AA AA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEEEE	FF

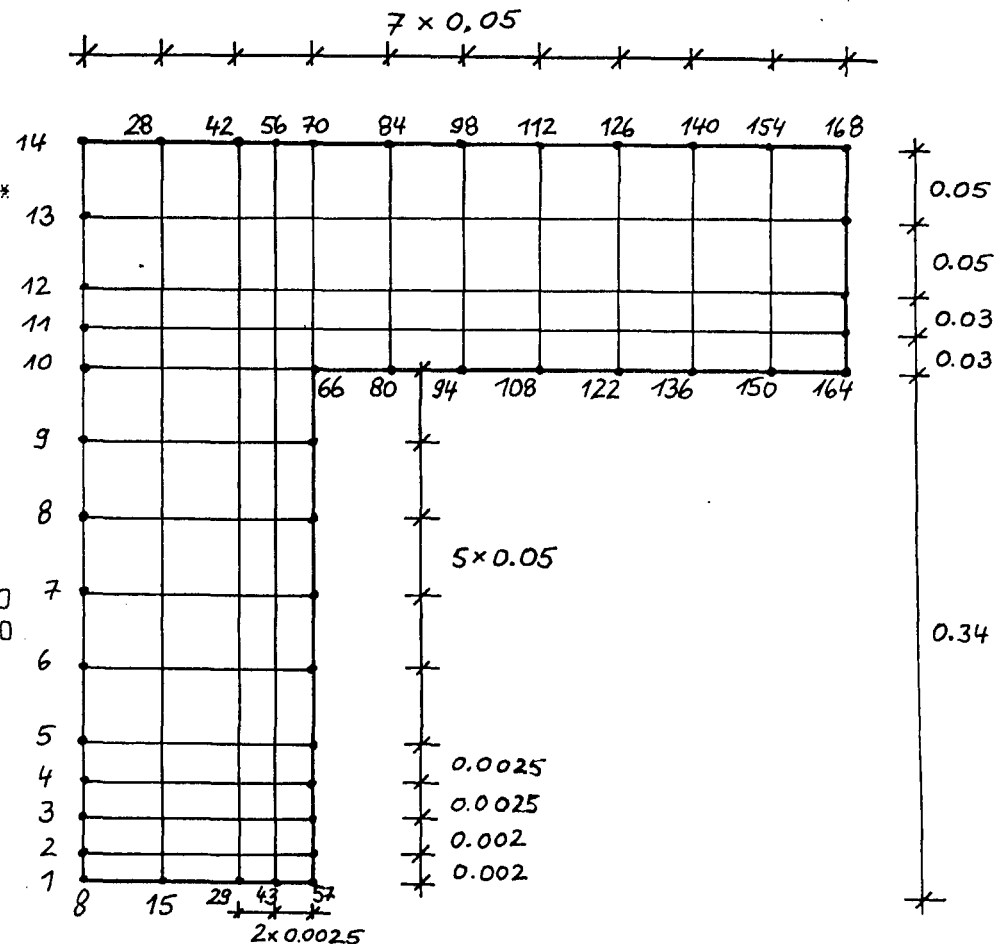
TEMPERATURE ANALYSIS OF STRUCTURES EXPOSED TO FIRE
 SOLVES NON LINEAR TRANSIENT FIELD PROBLEMS
 *** TWO DIMENSIONAL VERSION ***
 PROGRAMMED BY ULF WICKSTROM
 LUND FEB 1979

TITLE OF RUN : DREISEITIG BEFLAMMTER PLATTENBALKEN

GEOMETRY

MAXIMUM COORDINATES XMAX= .500 YMAX=.500
 MAXIMUM ELEMENT LENGTH XBOX= .500-01 YBOX=.500

SUBREGIONS
 NUMBER OF SUBREGIONS 1



FIRE BOUNDARY TEMPERATURE

VERSUCH 02 RAUM 4

FIRE BOUNDARY TIME - TEMPERATURE INPUT PAIRS

TIME TEMPERATURE

.000	20.0
.830-01	106.
.167	329.
.250	681.
.333	770.
.417	821.
.517	859.
.667	539.
.833	369.
1.00	20.0

***** TIME .250 ***** INCREMENT NUMBER 6 *****

FIRE TEMPERATURE 681. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 43

377.	79.	33.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
377.	79.	33.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
378.	81.	36.	28.	27.	27.	27.	27.	27.	26.	25.	25.	25.	25.
396.	102.	65.	58.	58.	58.	58.	58.	56.	45.	32.	25.	25.	25.
639.	371.	341.	337.	336.	336.	336.	336.	338.	256.	39.	26.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	302.	45.	26.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	301.	46.	26.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	301.	46.	26.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	301.	46.	26.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	301.	46.	26.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	301.	46.	26.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	301.	46.	26.	25.	25.

Tabelle IV, 1, b

***** TIME .500 ***** INCREMENT NUMBER 14 *****

FIRE TEMPERATURE 853. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 57

753.	339.	113.	54.	32.	26.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
753.	339.	114.	57.	36.	30.	30.	30.	29.	28.	27.	26.	25.	25.
760.	364.	174.	101.	89.	85.	84.	84.	79.	64.	47.	32.	25.	25.
788.	470.	337.	285.	274.	273.	272.	273.	269.	203.	101.	40.	26.	25.
848.	799.	769.	755.	752.	751.	752.	748.	763.	657.	139.	49.	27.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	760.	215.	58.	27.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	747.	220.	60.	28.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	749.	220.	61.	28.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	749.	220.	61.	28.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	749.	220.	61.	28.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	749.	220.	61.	28.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	749.	220.	61.	28.	25.

***** TIME .750 ***** INCREMENT NUMBER 22 *****

FIRE TEMPERATURE 454. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 57

432.	357.	234.	108.	57.	35.	31.	31.	30.	29.	28.	26.	25.	25.
434.	362.	239.	107.	70.	48.	46.	45.	44.	39.	35.	31.	26.	25.
434.	412.	314.	218.	181.	137.	134.	133.	120.	105.	79.	48.	30.	26.
482.	468.	422.	354.	323.	313.	312.	312.	312.	242.	138.	68.	33.	27.
457.	438.	471.	450.	439.	436.	436.	435.	437.	394.	212.	89.	35.	27.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	452.	284.	104.	39.	28.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	447.	288.	106.	40.	29.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	449.	288.	106.	41.	29.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	449.	288.	106.	41.	29.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	449.	288.	106.	41.	29.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	449.	288.	106.	41.	29.

***** TIME 1.000 ***** INCREMENT NUMBER 27 *****

Tabelle IV, 1, b

FIRE TEMPERATURE 136. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 57

260.	281.	228.	140.	84.	51.	43.	41.	39.	36.	33.	30.	27.	26.
266.	292.	246.	167.	102.	74.	67.	65.	60.	52.	44.	38.	30.	27.
292.	347.	326.	266.	218.	191.	185.	183.	170.	114.	94.	64.	37.	29.
299.	370.	361.	318.	284.	264.	260.	258.	252.	196.	138.	86.	41.	31.
248.	297.	301.	284.	268.	258.	256.	255.	251.	228.	181.	103.	45.	33.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	263.	243.	114.	51.	35.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	265.	247.	129.	53.	36.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	266.	247.	131.	54.	37.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	266.	247.	131.	54.	37.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	266.	247.	131.	54.	37.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	266.	247.	131.	54.	37.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	266.	247.	131.	54.	37.

FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

F
F MAXIMAL TEMPERATURES
F VERSUCH 02 RAUM 4
F XMAX= .500 YMAX= .500
F

F 753.	383.	235.	140.	84.	51.	43.	41.	39.	36.	33.	30.	27.	26.
F 753.	386.	247.	167.	102.	74.	67.	65.	60.	52.	44.	38.	30.	27.
F 760.	427.	330.	266.	218.	191.	185.	183.	170.	114.	94.	64.	37.	29.
F 788.	531.	426.	357.	332.	328.	328.	328.	327.	250.	144.	86.	41.	31.
F 813.	799.	771.	757.	754.	753.	754.	750.	765.	665.	212.	103.	45.	33.
F 0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	765.	285.	114.	51.	35.
F 0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	751.	290.	129.	53.	36.
F 0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	754.	289.	131.	54.	37.
F 0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	754.	290.	131.	54.	37.
F 0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	754.	290.	131.	54.	37.
F 0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	754.	290.	131.	54.	37.
F 0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	754.	290.	131.	54.	37.

F
F
F MAX-TIME 1.00 NUMBER OF TIME INCREMENTS 27
F
F

FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

TTTTTTTTTTTTT	AAAAAAA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFF
TTTTTTTTTTTTT	AAAAAAAAA	SSSSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFF
TT	AAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSSSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FF
TT	AA AA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FF

TEMPERATURE ANALYSIS OF STRUCTURES EXPOSED TO FIRE
 SOLVES NON LINEAR TRANSIENT FIELD PROBLEMS
 *** TWO DIMENSIONAL VERSION ***
 PROGRAMMED BY ULF WICKSTROM
 LUND FEB 1979

TITLE OF RUN : DREISEITIG BEFLAMMTER BALKEN

GEOMETRY

MAXIMUM COORDINATES	XMAX=	.150	YMAX=	.500
MAXIMUM ELEMENT LENGTH	XBOX=	.250-01	YBOX=	.500-01

COORDINATES OF SPECIFIED Y - LINES

.250-01 .500-01 .750-01 .100+00

VOIDS

THIS STRUCTURE HAS NO VOIDS

TIME

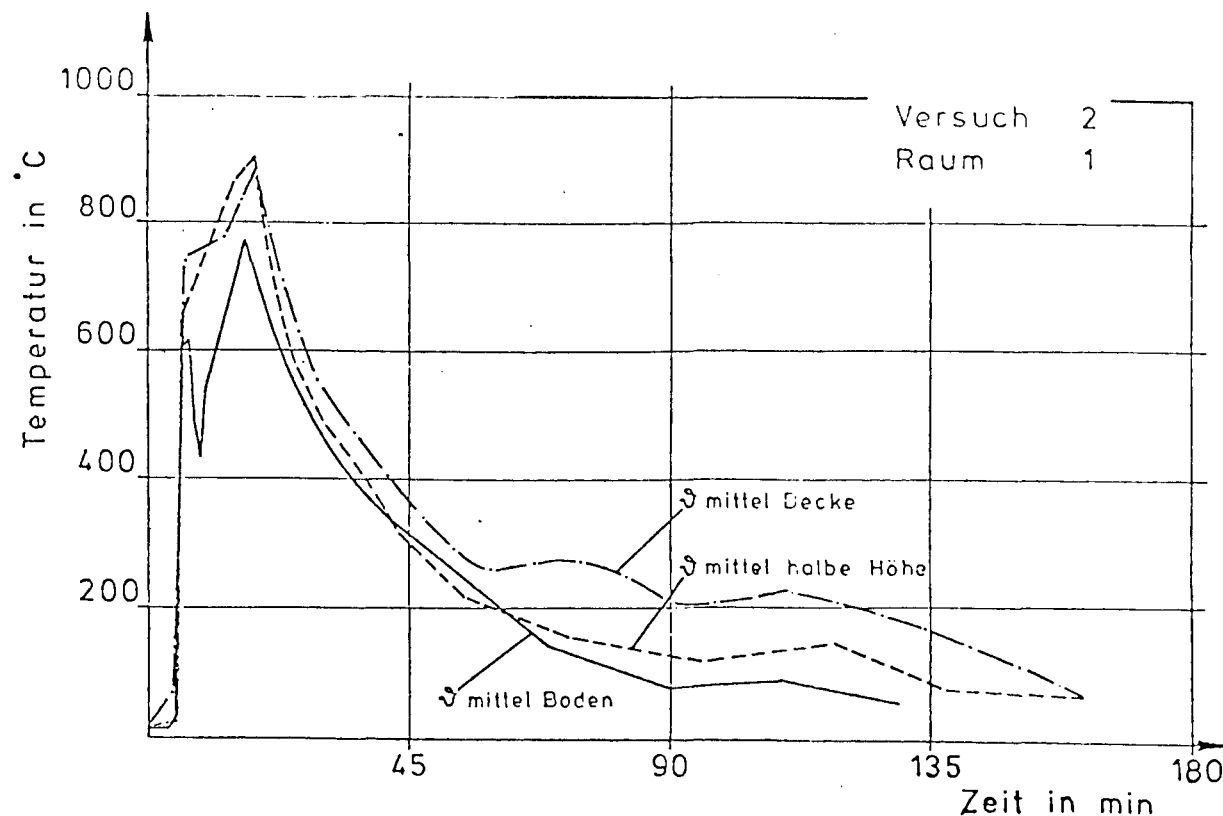
MAXIMUM TIME= 2.50
MAXIMUM TIME INCREMENT= 2.50
CRITICAL TIME INCREMENT FACTOR= 1.00
MAXIMUM NUMBER OF TIME INCREMENTS= 1000
NUMBER OF STEPS BETWEEN UPDATING OF CONDUCTION MATRIX= 1
PRINT OUT TIMES .25 .50 .75 1.0 1.5 2.0 2.5

FIRE BOUNDARY TEMPERATURE

VERSUCH 2 RAUM 1

FIRE BOUNDARY TIME - TEMPERATURE INPUT PAIRS

TIME	TEMPERATURE
.000	20.0
.830-01	518.
.200	800.
.283	882.
.367	659.
.500	471.
.750	300.
1.22	153.
1.75	129.
3.42	20.0



***** TIME .250 ***** INCREMENT NUMBER 5 *****

FIRE TEMPERATURE 849. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

722.	158.	46.	27.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
722.	158.	46.	27.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
722.	158.	46.	27.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
722.	159.	47.	29.	27.	27.	27.	27.	27.	27.	27.	27.	27.
725.	177.	63.	47.	46.	46.	46.	46.	46.	46.	46.	46.	46.
706.	285.	177.	159.	158.	158.	158.	158.	158.	158.	158.	158.	158.
455.	706.	725.	722.	722.	722.	722.	722.	722.	722.	722.	722.	722.

***** TIME .500 ***** INCREMENT NUMBER 12 *****

FIRE TEMPERATURE 471. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

437.	285.	111.	60.	35.	27.	26.	26.	26.	26.	26.	26.	26.
437.	286.	111.	61.	37.	28.	28.	28.	28.	28.	28.	28.	28.
438.	287.	112.	66.	44.	37.	36.	36.	36.	36.	36.	36.	35.
443.	299.	135.	86.	65.	60.	60.	60.	60.	60.	60.	59.	56.
457.	340.	216.	135.	112.	111.	111.	111.	111.	111.	111.	110.	108.
490.	427.	340.	299.	287.	285.	285.	285.	285.	285.	285.	285.	288.
471.	490.	457.	443.	438.	437.	437.	437.	437.	437.	437.	436.	434.

***** TIME .750 ***** INCREMENT NUMBER 16 *****

FIRE TEMPERATURE 300. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

297.	252.	166.	94.	57.	37.	34.	34.	34.	33.	33.	33.	32.
298.	255.	170.	98.	61.	41.	38.	38.	38.	38.	38.	37.	36.
302.	264.	181.	103.	74.	57.	54.	54.	54.	54.	54.	53.	49.
313.	285.	210.	126.	102.	93.	90.	90.	90.	90.	90.	87.	75.
331.	324.	263.	209.	180.	165.	163.	163.	163.	163.	163.	160.	122.
346.	363.	324.	285.	262.	252.	251.	250.	250.	250.	250.	248.	218.
324.	346.	331.	313.	301.	296.	296.	296.	296.	296.	296.	293.	286.

***** TIME 1.000 ***** INCREMENT NUMBER 19 *****

FIRE TEMPERATURE 221. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

237.	224.	169.	107.	80.	54.	48.	46.	46.	46.	46.	45.	42.
239.	227.	173.	109.	85.	60.	54.	53.	53.	53.	52.	50.	47.
245.	238.	190.	132.	99.	76.	72.	72.	72.	72.	71.	69.	61.
257.	259.	220.	173.	122.	106.	104.	103.	103.	103.	103.	101.	86.
270.	286.	259.	219.	187.	166.	164.	164.	164.	164.	163.	159.	123.
275.	302.	286.	259.	237.	221.	219.	218.	218.	218.	218.	216.	174.
254.	275.	270.	256.	244.	235.	234.	233.	233.	233.	233.	228.	217.

***** TIME 1.500 ***** INCREMENT NUMBER 24 *****

FIRE TEMPERATURE 140. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

172.	178.	164.	138.	104.	84.	75.	73.	72.	72.	71.	67.	59.
176.	182.	169.	142.	106.	89.	80.	77.	77.	76.	75.	71.	62.
184.	195.	183.	158.	128.	101.	92.	90.	90.	90.	89.	84.	72.
193.	211.	204.	180.	157.	124.	112.	111.	111.	110.	109.	105.	87.
201.	222.	220.	203.	181.	149.	139.	138.	138.	137.	136.	128.	110.
197.	221.	222.	210.	193.	166.	158.	157.	156.	156.	154.	147.	124.
179.	197.	201.	192.	183.	166.	159.	158.	158.	158.	156.	149.	138.

***** TIME 2.000 ***** INCREMENT NUMBER 29 *****

FIRE TEMPERATURE 113. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 13

150.	159.	154.	140.	114.	101.	93.	90.	89.	88.	86.	80.	67.
151.	161.	157.	144.	130.	102.	96.	93.	92.	91.	89.	82.	69.
155.	166.	165.	154.	141.	108.	102.	100.	100.	99.	97.	90.	75.
159.	172.	173.	165.	153.	127.	114.	112.	111.	111.	109.	103.	83.
161.	176.	178.	172.	162.	139.	127.	123.	122.	122.	119.	114.	101.
156.	172.	175.	170.	163.	144.	134.	130.	129.	128.	126.	120.	112.
145.	156.	160.	158.	153.	139.	131.	129.	128.	127.	126.	121.	115.

***** TIME 2.500 ***** INCREMENT NUMBER 33 *****

Tabelle IV, 2, a

FIRE TEMPERATURE 80. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 13

130.	142.	146.	141.	133.	105.	100.	99.	97.	96.	93.	85.	71.
130.	143.	147.	143.	135.	106.	101.	100.	99.	98.	93.	87.	72.
132.	145.	149.	146.	138.	113.	105.	103.	102.	101.	100.	92.	75.
132.	146.	151.	148.	142.	123.	114.	111.	110.	109.	107.	101.	80.
131.	145.	150.	149.	144.	129.	119.	115.	115.	114.	114.	111.	87.
126.	139.	144.	144.	140.	128.	119.	116.	115.	115.	115.	113.	105.
115.	126.	131.	131.	128.	120.	115.	114.	113.	113.	112.	111.	109.

FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

F
F MAXIMAL TEMPERATURES
F VERSUCH 2

F XMAX= .150 YMAX= .500

F	725.	288.	172.	143.	133.	105.	100.	99.	97.	96.	93.	85.	71.
F	725.	288.	175.	144.	135.	106.	101.	100.	99.	98.	95.	87.	72.
F	725.	289.	191.	158.	142.	113.	105.	103.	102.	101.	100.	92.	75.
F	725.	299.	220.	183.	158.	128.	114.	112.	111.	111.	110.	105.	88.
F	728.	342.	264.	219.	188.	169.	167.	167.	167.	167.	166.	163.	127.
F	754.	430.	342.	299.	289.	288.	288.	288.	288.	288.	288.	288.	272.
F	1077.	754.	728.	725.	725.	725.	725.	725.	725.	725.	725.	725.	725.

F
F
F MAX-TIME 2.50 NUMBER OF TIME INCREMENTS 33

F
F
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

Tabelle IV, 2, b

TTTTTTTTTTTT	AAAAAAA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFF
TTTTTTTTTTTT	AAAAAAAAA	SSSSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFF
TT	AAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FF
TT	AA AA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FF

TEMPERATURE ANALYSIS OF STRUCTURES EXPOSED TO FIRE
 SOLVES NON LINEAR TRANSIENT FIELD PROBLEMS
 *** TWO DIMENSIONAL VERSION ***
 PROGRAMMED BY ULF WICKSTROM
 LUND FEB 1979

TITLE OF RUN : DREISEITIG BEFLAMPTER PLATTENBALKEN

GEOMETRY

MAXIMUM COORDINATES	XMAX=	.500	YMAX=	.500
MAXIMUM ELEMENT LENGTH	XBOX=	.500-01	YBOX=	.500-01

SUBREGIONS
 NUMBER OF SUBREGIONS 1

SUBREGION DIAGONAL LIMITS

XMIN	YMIN	XMAX	YMAX	FICTITIOUS AREA
------	------	------	------	-----------------

FIRE BOUNDARY TEMPERATURE

★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★

VERSUCH 1

FIRE BOUNDARY TIME - TEMPERATURE INPUT PAIRS

TIME TEMPERATURE

.000	20.0
.830-01	518.
.200	800.
.283	882.
.367	659.
.500	471.
.750	300.
1.22	153.
1.75	129.
3.42	20.0

[illegible]

***** TIME .250 ***** INCREMENT NUMBER 7 *****

FIRE TEMPERATURE 849. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 57

708.	229.	68.	31.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
708.	229.	69.	32.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
714.	236.	81.	46.	42.	41.	41.	41.	40.	36.	30.	26.	25.
745.	324.	186.	147.	142.	142.	142.	143.	133.	107.	64.	28.	25.
862.	762.	721.	710.	710.	710.	710.	708.	726.	596.	96.	31.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	707.	107.	34.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	699.	107.	34.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	699.	107.	35.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	699.	107.	35.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	699.	107.	35.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	699.	107.	35.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	699.	107.	35.	25.

***** TIME .500 ***** INCREMENT NUMBER 16 *****

Tabelle IV, 2, b

FIRE TEMPERATURE				471.	*****	TIME INCREMENT LIMITING NODE				57			
424.	318.	183.	77.	41.	28.	27.	27.	27.	26.	26.	25.	25.	25.
425.	321.	188.	86.	49.	38.	37.	37.	36.	33.	30.	27.	25.	25.
442.	362.	245.	132.	108.	106.	106.	105.	104.	91.	62.	39.	27.	25.
479.	450.	367.	305.	285.	282.	281.	282.	280.	213.	106.	53.	28.	25.
463.	491.	467.	445.	437.	435.	436.	434.	438.	390.	179.	68.	30.	26.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	454.	243.	83.	32.	26.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	448.	247.	89.	32.	26.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	450.	246.	89.	33.	26.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	449.	247.	89.	33.	26.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	450.	247.	89.	33.	26.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	450.	247.	89.	33.	26.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	450.	247.	89.	33.	26.

***** TIME .750 ***** INCREMENT NUMBER 21 *****

FIRE TEMPERATURE				300.	*****	TIME INCREMENT LIMITING NODE				57			
299.	272.	203.	107.	68.	41.	36.	35.	34.	32.	30.	28.	26.	25.
303.	279.	214.	112.	83.	57.	53.	52.	50.	44.	39.	33.	28.	26.
329.	328.	285.	221.	176.	146.	142.	141.	127.	105.	80.	54.	32.	27.
345.	365.	339.	291.	258.	242.	240.	238.	236.	180.	114.	72.	36.	28.
326.	347.	339.	319.	303.	296.	295.	295.	293.	254.	167.	92.	39.	29.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	303.	228.	105.	44.	31.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	304.	233.	108.	46.	32.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	305.	234.	108.	46.	32.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	305.	234.	108.	47.	32.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	305.	234.	108.	47.	32.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	305.	234.	108.	47.	32.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	305.	234.	108.	47.	32.

***** TIME 1.000 ***** INCREMENT NUMBER 25 *****

Tabelle IV, 2,b

FIRE TEMPERATURE 221. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 57													
239.	230.	191.	132.	91.	57.	48.	46.	43.	39.	36.	32.	28.	27.
246.	242.	210.	159.	103.	79.	70.	67.	63.	54.	47.	40.	31.	28.
272.	288.	274.	236.	202.	168.	160.	157.	145.	108.	86.	63.	38.	31.
277.	301.	294.	266.	239.	216.	210.	208.	200.	151.	116.	80.	44.	33.
258.	276.	275.	262.	247.	233.	230.	229.	223.	187.	145.	99.	48.	35.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	230.	193.	111.	54.	38.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	235.	201.	115.	57.	39.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	236.	202.	117.	58.	40.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	236.	202.	117.	58.	40.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	236.	202.	117.	58.	40.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	236.	202.	117.	58.	40.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	236.	202.	117.	58.	40.

***** TIME 1.500 ***** INCREMENT NUMBER 31 *****

FIRE TEMPERATURE													140.	*****	TIME INCREMENT LIMITING NODE					57
175.	179.	171.	146.	109.	87.	75.	69.	63.	55.	49.	43.	35.	32.							
185.	195.	189.	165.	138.	102.	96.	89.	80.	68.	59.	50.	39.	34.							
205.	224.	227.	214.	196.	162.	149.	141.	128.	107.	88.	72.	49.	39.							
201.	221.	227.	219.	205.	174.	162.	155.	143.	119.	109.	83.	54.	42.							
181.	196.	203.	200.	189.	170.	161.	156.	146.	128.	115.	95.	60.	45.							
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	143.	136.	113.	69.	50.							
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	151.	146.	122.	74.	53.							
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	154.	149.	126.	76.	54.							
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	154.	150.	127.	76.	55.							
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	154.	150.	127.	76.	55.							
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	154.	150.	127.	76.	55.							
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	154.	150.	127.	76.	55.							

Tabelle IV, 2, b

FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

F

F MAXIMAL TEMPERATURES

F VERSUCH 1

F XMAX= .500 YMAX= .500

F

F	747.	329.	205.	146.	109.	87.	75.	69.	63.	55.	49.	43.	35.	32.
F	746.	329.	214.	166.	138.	102.	96.	89.	80.	68.	59.	50.	39.	34.
F	752.	363.	285.	236.	204.	170.	161.	157.	145.	108.	88.	72.	49.	39.
F	781.	464.	367.	305.	285.	283.	282.	283.	281.	214.	118.	83.	54.	42.
F	848.	794.	756.	743.	741.	741.	741.	738.	757.	637.	181.	99.	60.	45.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	747.	245.	113.	69.	50.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	735.	249.	127.	74.	53.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	736.	249.	130.	76.	54.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	736.	249.	130.	76.	55.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	736.	249.	130.	76.	55.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	736.	249.	130.	76.	55.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	736.	249.	130.	76.	55.

F

F

F MAX-TIME 1.50 NUMBER OF TIME INCREMENTS 31

F

F

FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

TTTTTTTTTTTT	AAAAAAA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFF
TTTTTTTTTTTT	AAAAAAAAA	SSSSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFFF
TT	AAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFFF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FF
TT	AA AA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FF

TEMPERATURE ANALYSIS OF STRUCTURES EXPOSED TO FIRE
 SOLVES NON LINEAR TRANSIENT FIELD PROBLEMS
 *** TWO DIMENSIONAL VERSION ***
 PROGRAMMED BY ULF WICKSTROM
 LUND FEB 1979

TITLE OF RUN : DREISEITIG BEFLAMMTER BALKEN

GEOMETRY

MAXIMUM COORDINATES	XMAX=	.150	YMAX=	.500
MAXIMUM ELEMENT LENGTH	XBOX=	.250-01	YBOX=	.500-01

COORDINATES OF SPECIFIED Y - LINES

.250-01 .500-01 .750-01 .100+00

NODE GROUP 1 FIRE BOUNDARY
 NODE GROUP 2 AMBIENT BOUNDARY

Tabelle IV, 3, a

VOIDS

THIS STRUCTURE HAS NO VOIDS

TIME

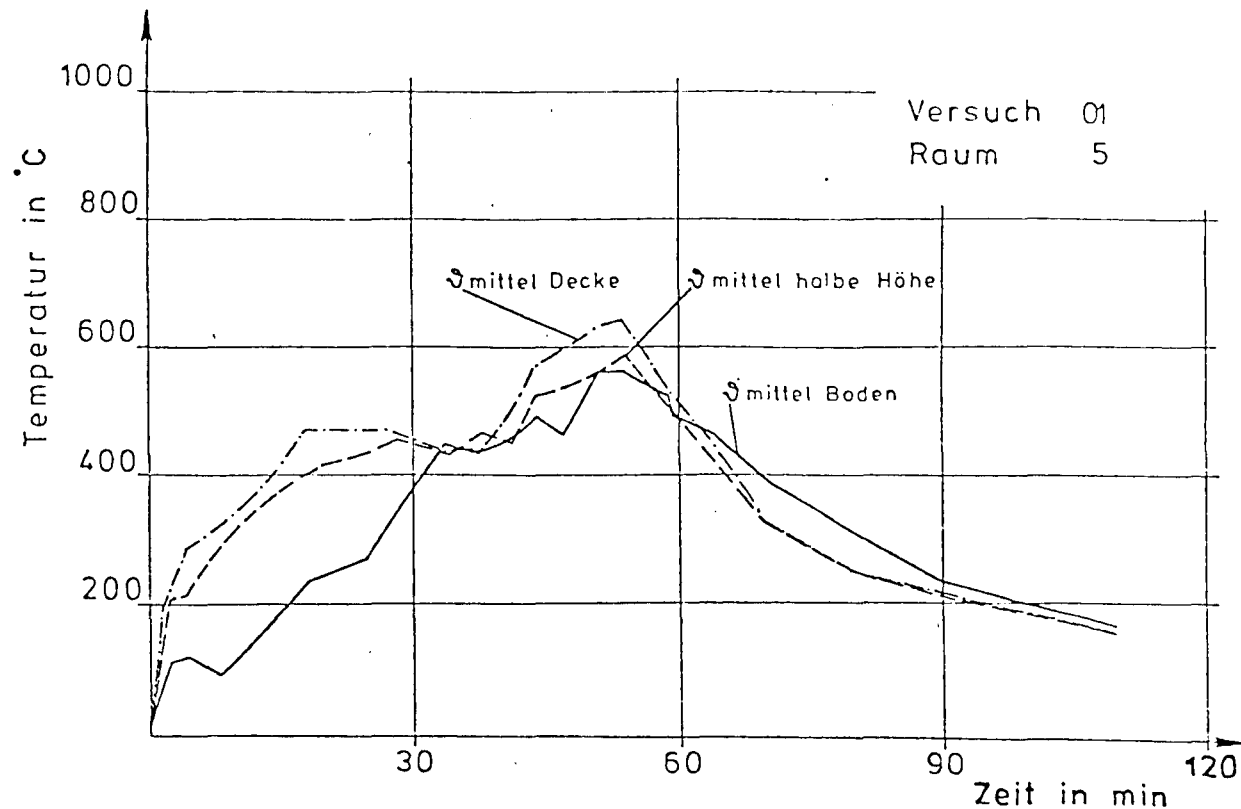
MAXIMUM TIME= 2.00
 MAXIMUM TIME INCREMENT= 2.00
 CRITICAL TIME INCREMENT FACTOR= 1.00
 MAXIMUM NUMBER OF TIME INCREMENTS= 1000
 NUMBER OF STEPS BETWEEN UPDATING OF CONDUCTION MATRIX= 1
 PRINT OUT TIMES .25 .50 .75 1.0 1.5 2.0

FIRE BOUNDARY TEMPERATURE

VERSUCH 01 RAUM 5

FIRE BOUNDARY TIME - TEMPERATURE INPUT PAIRS

TIME	TEMPERATURE
.000	20.0
.167	318.
.333	418.
.500	447.
.750	529.
1.00	506.
1.17	318.
1.50	217.
1.92	129.
2.40	20.0



*** 1 250 *** I TEME NU R 5 *** *** *** 11e 3

FIRE TEMPERATURE 368. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 82

112.	51.	30.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
112.	51.	30.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
112.	51.	30.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
112.	52.	30.	26.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
113.	55.	35.	30.	30.	30.	30.	30.	30.	30.	30.	30.	30.
133.	73.	55.	52.	51.	51.	51.	51.	51.	51.	51.	51.	51.
234.	133.	113.	112.	112.	112.	112.	112.	112.	112.	112.	112.	112.

***** TIME .500 ***** INCREMENT NUMBER 9 *****

FIRE TEMPERATURE 447. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 4

267.	105.	56.	35.	27.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
267.	105.	57.	35.	28.	26.	26.	26.	26.	26.	26.	25.	25.
267.	105.	58.	37.	29.	28.	28.	28.	28.	28.	28.	27.	27.
269.	106.	63.	43.	36.	35.	35.	35.	35.	35.	35.	35.	34.
278.	111.	80.	63.	58.	56.	56.	56.	56.	56.	56.	56.	54.
312.	189.	111.	106.	105.	105.	105.	105.	105.	105.	105.	105.	104.
387.	312.	278.	269.	267.	267.	267.	267.	267.	267.	267.	267.	266.

***** TIME .750 ***** INCREMENT NUMBER 13 *****

FIRE TEMPERATURE 529. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

376.	183.	87.	52.	36.	29.	27.	27.	27.	27.	27.	27.	27.
376.	184.	88.	53.	38.	30.	29.	29.	29.	29.	29.	29.	29.
379.	189.	93.	59.	44.	37.	36.	36.	36.	36.	36.	35.	34.
387.	201.	101.	71.	58.	52.	51.	51.	51.	51.	51.	50.	47.
402.	224.	113.	101.	92.	87.	86.	86.	86.	86.	86.	85.	77.
435.	288.	224.	201.	188.	182.	182.	182.	182.	182.	182.	181.	171.
498.	435.	402.	386.	378.	375.	375.	375.	375.	375.	375.	374.	372.

NOD 79 MAX TEMP 498. TIME .7500 DELTI .5808-01

Tabelle IV, 3, a

***** TIME 1.000 ***** INCREMENT NUMBER 18 *****

FIRE TEMPERATURE 506. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

401.	236.	111.	73.	52.	37.	34.	33.	33.	33.	33.	33.	32.
401.	237.	112.	75.	54.	40.	37.	37.	37.	36.	36.	36.	35.
404.	241.	115.	83.	64.	51.	48.	48.	48.	48.	48.	47.	44.
411.	257.	156.	101.	82.	72.	71.	70.	70.	70.	70.	69.	64.
426.	293.	207.	156.	114.	111.	110.	110.	110.	110.	110.	109.	103.
454.	360.	293.	257.	240.	235.	234.	234.	234.	234.	234.	234.	218.
488.	454.	426.	411.	403.	400.	400.	400.	400.	400.	400.	399.	396.

***** TIME 1.500 ***** INCREMENT NUMBER 26 *****

FIRE TEMPERATURE 217. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

226.	212.	164.	108.	86.	63.	55.	54.	53.	53.	53.	51.	47.
228.	216.	168.	110.	90.	68.	61.	59.	59.	59.	58.	56.	51.
235.	227.	183.	136.	101.	82.	77.	75.	75.	75.	75.	72.	63.
246.	246.	209.	168.	126.	106.	103.	103.	103.	102.	102.	101.	84.
259.	269.	244.	209.	181.	159.	156.	155.	155.	155.	154.	149.	114.
264.	283.	269.	245.	225.	208.	204.	203.	203.	203.	202.	196.	162.
249.	264.	259.	245.	233.	222.	220.	219.	219.	219.	219.	213.	202.

***** TIME 2.000 ***** INCREMENT NUMBER 32 *****

Tabelle IV, 3, a

FIRE TEMPERATURE 110. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

164.	173.	161.	136.	104.	87.	79.	76.	75.	75.	73.	69.	61.
166.	176.	166.	140.	107.	92.	83.	80.	79.	79.	77.	73.	63.
174.	186.	178.	154.	126.	101.	94.	92.	91.	91.	89.	85.	72.
182.	203.	195.	175.	154.	121.	111.	109.	109.	109.	108.	103.	86.
189.	213.	211.	194.	175.	146.	136.	134.	133.	133.	131.	124.	108.
186.	211.	213.	202.	184.	160.	152.	150.	149.	149.	147.	140.	120.
168.	186.	189.	181.	172.	155.	148.	147.	147.	146.	145.	138.	128.

FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

F

F MAXIMAL TEMPERATURES

F VERSUCH 01 RAUM 5

F XMAX= .150 YMAX= .500

F

F 401. 242. 165. 136. 104. 87. 79. 76. 75. 75. 73. 69. 61.

F 401. 243. 168. 140. 107. 92. 83. 80. 79. 79. 77. 73. 63.

F 404. 252. 184. 154. 126. 101. 94. 92. 91. 91. 89. 85. 72.

F 411. 272. 210. 177. 154. 121. 111. 109. 109. 109. 108. 103. 86.

F 426. 309. 248. 209. 183. 161. 158. 157. 156. 156. 156. 151. 114.

F 454. 368. 309. 271. 250. 241. 240. 240. 240. 240. 240. 239. 222.

F 498. 454. 426. 411. 403. 400. 400. 400. 400. 400. 400. 399. 396.

F

F

F MAX-TIME 2.00 NUMBER OF TIME INCREMENTS 32

F

F

FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

Tabelle IV, 3, b

TTTTTTTTTTTT	AAAAAAA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFF
TTTTTTTTTTTT	AAAAAAAAA	SSSSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFFF
TT	AAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFFF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FF
TT	AA AA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FF

TEMPERATURE ANALYSIS OF STRUCTURES EXPOSED TO FIRE
 SOLVES NON LINEAR TRANSIENT FIELD PROBLEMS
 *** TWO DIMENSIONAL VERSION ***
 PROGRAMMED BY ULF WICKSTROM
 LUND FEB 1979

TITLE OF RUN : DREISEITIG BEFLAMMTER PLATTENBALKEN

GEOMETRY

MAXIMUM COORDINATES	XMAX=	.500	YMAX=	.500
MAXIMUM ELEMENT LENGTH	XBOX=	.500-01	YBOX=	.500-01

SUBREGIONS
 NUMBER OF SUBREGIONS 1

SUBREGION DIAGONAL LIMITS

XMIN	YMIN	XMAX	YMAX	FICTITIOUS AREA
------	------	------	------	-----------------

FIRE BOUNDARY TEMPERATURE

VERSUCH 1

FIRE BOUNDARY TIME - TEMPERATURE INPUT PAIRS

TIME TEMPERATURE

.000	20.0
.167	318.
.333	418.
.500	447.
.750	529.
1.00	506.
1.17	318.
1.50	217.
1.92	129.
2.40	20.0

***** TIME .250 ***** INCREMENT NUMBER 6 *****

FIRE TEMPERATURE 368. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 43

113.	60.	35.	26.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
113.	60.	35.	26.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
114.	62.	38.	29.	28.	28.	28.	28.	28.	27.	26.	25.	25.	25.
135.	80.	57.	51.	50.	50.	50.	50.	49.	42.	32.	25.	25.	25.
231.	137.	112.	111.	110.	110.	110.	110.	110.	102.	37.	26.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	108.	43.	26.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	108.	43.	26.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	108.	43.	26.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	108.	43.	26.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	108.	43.	26.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	108.	43.	26.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	108.	43.	26.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	108.	43.	26.	25.	25.

***** TIME .500 ***** INCREMENT NUMBER 10 *****

Tabelle IV, 3, b

FIRE TEMPERATURE		447.	*****	TIME INCREMENT LIMITING NODE								57
260.	113.	69.	40.	28.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
259.	114.	70.	42.	31.	28.	27.	27.	27.	26.	26.	25.	25.
269.	135.	87.	62.	54.	51.	51.	51.	49.	42.	34.	28.	25.
309.	207.	115.	106.	104.	104.	104.	104.	103.	83.	52.	32.	25.
390.	321.	286.	268.	265.	265.	265.	264.	267.	209.	71.	36.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	262.	92.	40.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	261.	96.	42.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	261.	96.	42.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	261.	96.	42.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	261.	96.	42.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	261.	96.	42.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	261.	96.	42.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	261.	96.	42.	25.

***** TIME .750 ***** INCREMENT NUMBER 15 *****

FIRE TEMPERATURE		529.	*****	TIME INCREMENT LIMITING NODE								57
380.	213.	105.	63.	41.	30.	28.	28.	27.	27.	26.	25.	25.
381.	214.	107.	67.	47.	37.	35.	35.	34.	31.	29.	27.	25.
398.	239.	144.	102.	89.	80.	79.	78.	75.	62.	48.	35.	27.
430.	305.	237.	202.	185.	176.	175.	175.	166.	109.	78.	44.	28.
495.	441.	408.	385.	374.	370.	369.	368.	370.	296.	103.	52.	29.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	370.	117.	61.	31.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	365.	129.	63.	32.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	366.	129.	63.	32.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	366.	129.	63.	32.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	366.	129.	63.	32.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	366.	129.	63.	32.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	366.	129.	63.	32.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	366.	129.	63.	32.

***** TIME 1.000 ***** INCREMENT NUMBER 21 *****

FIRE TEMPERATURE 506. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 57

395.	259.	163.	89.	58.	39.	35.	33.	32.	30.	29.	27.	26.	25.
398.	267.	173.	100.	68.	51.	48.	46.	44.	39.	35.	31.	27.	26.
421.	312.	226.	159.	111.	107.	106.	106.	103.	86.	64.	45.	30.	27.
450.	372.	310.	262.	239.	231.	230.	230.	224.	163.	99.	56.	33.	28.
487.	458.	434.	413.	403.	399.	399.	397.	400.	323.	124.	69.	35.	29.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	400.	200.	86.	39.	30.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	398.	207.	93.	40.	30.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	400.	207.	94.	41.	31.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	400.	207.	94.	41.	31.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	400.	207.	94.	41.	31.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	400.	207.	94.	41.	31.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	400.	207.	94.	41.	31.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	400.	207.	94.	41.	31.

***** TIME 1.500 ***** INCREMENT NUMBER 30 *****

FIRE TEMPERATURE 217. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 57

227.	218.	182.	131.	96.	65.	55.	51.	48.	43.	39.	35.	30.	28.
235.	230.	201.	156.	104.	84.	74.	70.	65.	56.	49.	42.	33.	29.
260.	271.	257.	223.	195.	161.	151.	146.	130.	103.	83.	62.	40.	33.
266.	282.	276.	252.	228.	203.	194.	189.	177.	140.	107.	77.	45.	35.
253.	265.	264.	251.	237.	221.	217.	214.	207.	168.	133.	93.	50.	37.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	215.	174.	107.	57.	41.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	221.	184.	112.	60.	43.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	222.	185.	113.	61.	44.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	222.	186.	113.	62.	44.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	223.	186.	113.	62.	44.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	223.	186.	113.	62.	44.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	223.	186.	113.	62.	44.

FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

Tabelle IV, 3, b

F
F MAXIMAL TEMPERATURES

F VERSUCH 1

F XMAX= .500 YMAX= .500

F
F 395. 269. 189. 131. 96. 65. 55. 51. 48. 43. 39. 35. 30. 28.
F 398. 277. 202. 156. 104. 84. 74. 70. 65. 56. 49. 42. 33. 29.
F 421. 322. 264. 223. 195. 161. 151. 146. 130. 103. 83. 62. 40. 33.
F 450. 379. 325. 277. 248. 237. 236. 236. 230. 172. 107. 77. 45. 35.
F 495. 458. 434. 413. 403. 399. 399. 397. 400. 323. 150. 93. 50. 37.
F 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 400. 210. 107. 57. 41.
F 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 398. 219. 112. 60. 43.
F 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 400. 219. 113. 61. 44.
F 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 400. 220. 113. 62. 44.
F 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 400. 220. 113. 62. 44.
F 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 400. 220. 113. 62. 44.
F 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 400. 220. 113. 62. 44.

F
F
F MAX-TIME 1.50 NUMBER OF TIME INCREMENTS 30

F
F
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

NODE GROUP 1 FIRE BOUNDARY
NODE GROUP 2 AMBIENT BOUNDARY

VOIDS

THIS STRUCTURE HAS NO VOIDS

TIME

MAXIMUM TIME= 1.50

MAXIMUM TIME INCREMENT= 1.50

CRITICAL TIME INCREMENT FACTOR= 1.00

MAXIMUM NUMBER OF TIME INCREMENTS= 1000

NUMBER OF STEPS BETWEEN UPDATING OF CONDUCTION MATRIX= 1

PRINT OUT TIMES .25 .50 .75 1.0 1.5

FIRE BOUNDARY TEMPERATURE

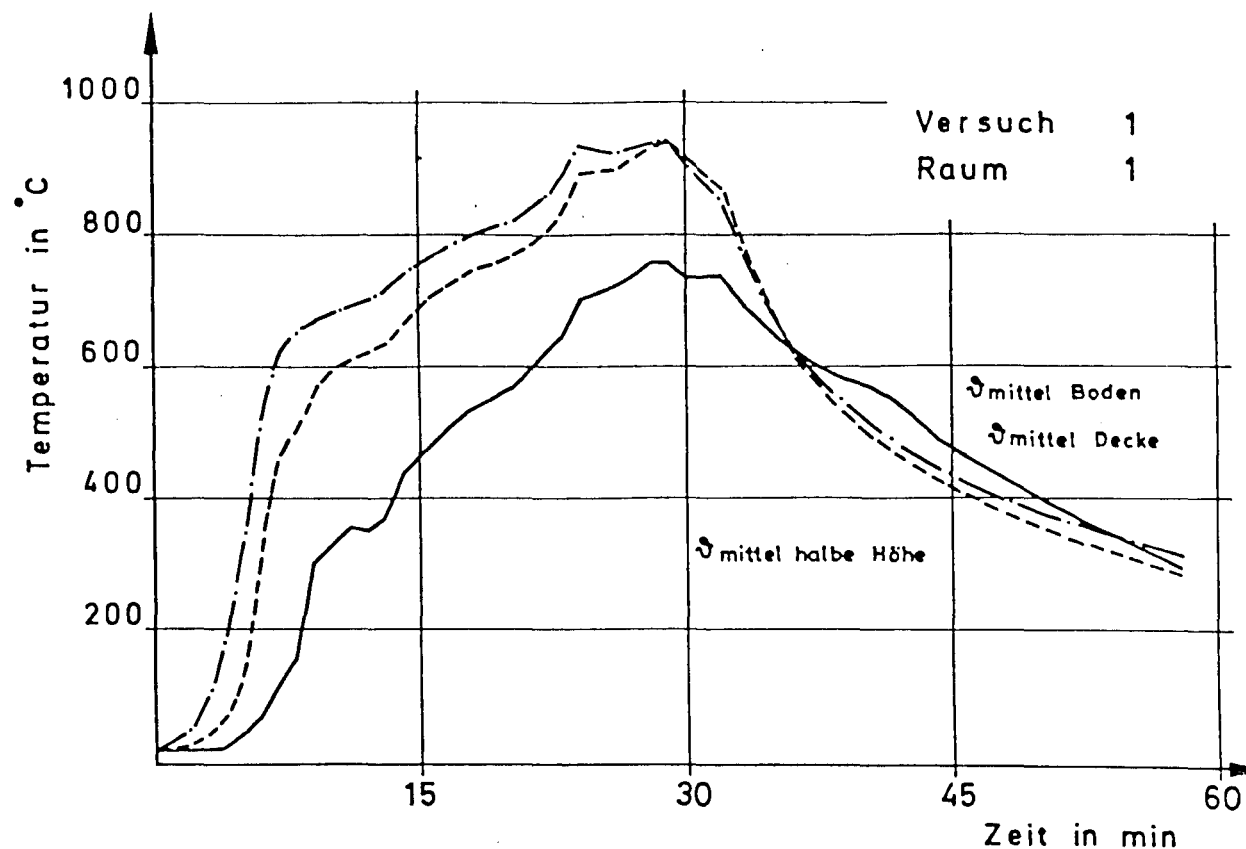
VERSUCH 1 RAUM 1

FIRE BOUNDARY TIME - TEMPERATURE INPUT PAIRS

TIME	TEMPERATURE
------	-------------

.000	20.0
.500-01	35.0
.120	353.
.170	541.
.250	682.
.320	800.
.440	918.
.620	600.
.830	353.
1.55	20.0

Tabelle IV, 4, a



TTTTTTTTTTTT	AAAAAAA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFF
TTTTTTTTTTTT	AAAAAAAAAA	SSSSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AAAAAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFF
TT	AAAAAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSSSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FF
TT	AA AA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FF

TEMPERATURE ANALYSIS OF STRUCTURES EXPOSED TO FIRE
 SOLVES NON LINEAR TRANSIENT FIELD PROBLEMS
 *** TWO DIMENSIONAL VERSION ***
 PROGRAMMED BY ULF WICKSTROM
 LUND FEB 1979

TITLE OF RUN : DREISEITIG BEFLAMMTER BALKEN

GEOMETRY

MAXIMUM COORDINATES	XMAX=	.150	YMAX=	.500
MAXIMUM ELEMENT LENGTH	XBOX=	.250-01	YBOX=	.500-01

COORDINATES OF SPECIFIED Y - LINES

.250-01 .500-01 .750-01 .100+00

FIRE TEMPERATURE 682. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 43

449.	91.	32.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
449.	91.	32.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
449.	91.	32.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
449.	91.	32.	26.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
452.	96.	39.	32.	32.	32.	32.	32.	32.	32.	32.	32.	32.
481.	112.	96.	91.	91.	91.	91.	91.	91.	91.	91.	91.	90.
690.	481.	452.	449.	449.	449.	449.	449.	449.	449.	449.	449.	449.

***** TIME .500 ***** INCREMENT NUMBER 13 *****

FIRE TEMPERATURE 812. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

755.	309.	103.	50.	31.	26.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
755.	309.	103.	50.	31.	27.	26.	26.	26.	26.	26.	26.	26.
755.	310.	104.	54.	36.	32.	31.	31.	31.	31.	31.	31.	31.
757.	316.	107.	68.	53.	50.	50.	50.	50.	50.	50.	49.	47.
765.	350.	168.	107.	104.	103.	103.	103.	103.	103.	103.	103.	100.
793.	474.	350.	316.	310.	309.	309.	309.	309.	309.	309.	309.	296.
802.	793.	765.	757.	755.	755.	755.	755.	755.	755.	755.	755.	754.

***** TIME .750 ***** INCREMENT NUMBER 20 *****

FIRE TEMPERATURE 447. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

433.	326.	183.	89.	51.	34.	31.	31.	31.	31.	31.	31.	30.
434.	327.	186.	92.	54.	37.	35.	35.	35.	35.	35.	34.	34.
436.	334.	197.	101.	67.	52.	50.	49.	49.	49.	49.	48.	45.
444.	354.	223.	113.	101.	88.	86.	86.	86.	86.	86.	84.	73.
459.	403.	293.	223.	195.	182.	181.	181.	181.	181.	181.	179.	138.
483.	479.	403.	354.	333.	326.	325.	325.	325.	325.	325.	323.	287.
453.	483.	459.	443.	435.	433.	433.	433.	433.	433.	433.	431.	425.

FIRE TEMPERATURE 274. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79 Tabelle IV, 4, a

299.	281.	201.	109.	77.	50.	44.	43.	43.	43.	43.	42.	40.
300.	284.	204.	112.	82.	56.	51.	50.	50.	50.	50.	48.	45.
306.	294.	220.	140.	99.	75.	71.	70.	70.	70.	70.	68.	61.
317.	319.	257.	193.	134.	109.	107.	107.	107.	107.	107.	105.	96.
332.	356.	313.	256.	217.	198.	196.	196.	196.	196.	196.	192.	147.
339.	384.	356.	318.	292.	279.	278.	278.	277.	277.	277.	273.	230.
310.	339.	332.	316.	305.	298.	297.	297.	297.	297.	297.	292.	262.

***** TIME 1.500 ***** INCREMENT NUMBER 30 *****

FIRE TEMPERATURE 43. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

173.	211.	194.	155.	107.	85.	76.	73.	72.	72.	71.	68.	60.
177.	216.	201.	163.	111.	92.	82.	79.	79.	78.	77.	73.	64.
187.	229.	218.	184.	151.	104.	101.	99.	98.	98.	96.	90.	76.
200.	247.	242.	213.	184.	146.	135.	133.	132.	131.	130.	115.	96.
206.	261.	262.	241.	216.	182.	172.	169.	169.	168.	166.	155.	116.
197.	253.	260.	246.	227.	203.	193.	190.	190.	190.	187.	176.	136.
151.	197.	206.	199.	185.	167.	162.	161.	161.	161.	160.	152.	134.

FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

F
F MAXIMAL TEMPERATURES
F VERSUCH 1
F XMAX= .150 YMAX= .500
F

F	816.	337.	202.	155.	107.	85.	76.	73.	72.	72.	71.	68.	60.
F	816.	337.	204.	163.	111.	92.	82.	79.	79.	78.	77.	73.	64.
F	816.	341.	225.	184.	151.	104.	101.	99.	98.	98.	96.	90.	76.
F	818.	357.	259.	214.	184.	146.	135.	133.	132.	131.	130.	115.	100.
F	825.	406.	315.	258.	222.	200.	198.	198.	198.	198.	198.	194.	150.
F	849.	510.	406.	357.	340.	337.	337.	337.	337.	337.	337.	337.	314.
F	837.	849.	825.	818.	816.	816.	816.	816.	816.	816.	816.	816.	816.

F
F
F MAX-TIME 1.50 NUMBER OF TIME INCREMENTS 30
F
F

FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

Tabelle IV, 4, b

TTTTTTTTTTTT	AAAAAAA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFF
TTTTTTTTTTTT	AAAAAAAAAA	SSSSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AAAAAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFF
TT	AAAAAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSSSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FF
TT	AA AA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FF

TEMPERATURE ANALYSIS OF STRUCTURES EXPOSED TO FIRE
 SOLVES NON LINEAR TRANSIENT FIELD PROBLEMS
 *** TWO DIMENSIONAL VERSION ***
 PROGRAMMED BY ULF WICKSTROM
 LUND FEB 1979

TITLE OF RUN : DREISEITIG BEFLAMMTER PLATTENBALKEN

GEOMETRY

MAXIMUM COORDINATES	XMAX=	.500	YMAX=	.500
MAXIMUM ELEMENT LENGTH	XBOX=	.500-01	YBOX=	.500-01

SUBREGIONS
 NUMBER OF SUBREGIONS 1

SUBREGION DIAGONAL LIMITS

XMIN	YMIN	XMAX	YMAX	FICTITIOUS AREA
------	------	------	------	-----------------

PRINT OUT TIMES 1.25 1.50 1.75 1.0 1.5

FIRE BOUNDARY TEMPERATURE

Tabelle IV, 4, b

VERSUCH 1

FIRE BOUNDARY TIME - TEMPERATURE INPUT PAIRS

TIME TEMPERATURE

.000	20.0
.500-01	35.0
.120	353.
.170	541.
.250	682.
.320	800.
.440	918.
.620	600.
.830	353.
1.55	20.0

***** TIME .250 ***** INCREMENT NUMBER 6 *****

FIRE TEMPERATURE 682. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 57

452.	105.	42.	26.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
452.	105.	42.	26.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
455.	106.	46.	31.	30.	30.	30.	30.	30.	28.	26.	25.	25.	25.
472.	140.	99.	87.	86.	86.	86.	86.	83.	66.	40.	26.	25.	25.
646.	478.	433.	425.	424.	424.	424.	424.	428.	321.	52.	26.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	393.	63.	27.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	392.	64.	27.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	392.	64.	27.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	392.	64.	27.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	392.	64.	27.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	392.	64.	27.	25.	25.

***** TIME .500 ***** INCREMENT NUMBER 15 *****

Tabelle IV, 4, b

FIRE TEMPERATURE 812. *****										TIME INCREMENT LIMITING NODE 57				
741.	368.	139.	57.	34.	26.	26.	26.	26.	25.	25.	25.	25.	25.	
741.	370.	144.	64.	40.	33.	32.	32.	31.	29.	28.	26.	25.	25.	
749.	399.	209.	106.	101.	97.	97.	97.	92.	73.	52.	34.	26.	25.	
778.	515.	374.	317.	304.	302.	301.	302.	299.	225.	104.	44.	27.	25.	
793.	798.	769.	756.	752.	752.	752.	748.	765.	680.	172.	55.	28.	25.	
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	773.	241.	66.	29.	25.	
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	758.	245.	69.	29.	25.	
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	761.	245.	70.	29.	25.	
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	761.	245.	70.	29.	25.	
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	761.	245.	70.	29.	25.	
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	761.	245.	70.	29.	25.	
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	761.	245.	70.	29.	25.	

***** TIME .750 ***** INCREMENT NUMBER 23 *****

FIRE TEMPERATURE 447. *****										TIME INCREMENT LIMITING NODE 57				
429.	358.	237.	106.	61.	36.	33.	32.	31.	30.	28.	27.	26.	25.	
432.	364.	246.	110.	75.	52.	49.	48.	46.	41.	37.	32.	27.	25.	
452.	416.	326.	229.	178.	152.	149.	148.	136.	107.	83.	52.	31.	26.	
478.	489.	427.	359.	326.	315.	313.	313.	312.	244.	147.	72.	34.	27.	
455.	484.	469.	449.	437.	433.	433.	432.	433.	391.	215.	95.	37.	28.	
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	448.	287.	106.	41.	29.	
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	443.	291.	108.	43.	30.	
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	445.	291.	108.	43.	30.	
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	445.	291.	108.	43.	30.	
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	445.	291.	108.	43.	30.	
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	445.	291.	108.	43.	30.	
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	445.	291.	108.	43.	30.	

***** TIME 1.000 ***** INCREMENT NUMBER 28 *****

Tabelle IV, 4, b

FIRE TEMPERATURE 274. *****					TIME INCREMENT LIMITING NODE 57								
297.	289.	234.	149.	90.	54.	45.	43.	41.	37.	34.	31.	28.	26.
303.	301.	253.	176.	104.	78.	70.	68.	63.	55.	46.	39.	30.	27.
330.	357.	334.	274.	226.	198.	192.	189.	177.	122.	98.	67.	38.	30.
338.	381.	368.	326.	293.	271.	267.	265.	258.	202.	142.	88.	42.	32.
309.	336.	336.	320.	304.	294.	292.	291.	287.	255.	186.	104.	47.	34.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	295.	246.	122.	53.	36.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	297.	251.	139.	55.	37.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	298.	252.	140.	56.	38.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	298.	252.	140.	56.	38.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	298.	252.	140.	56.	38.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	298.	252.	140.	56.	38.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	298.	252.	140.	56.	38.

1.500

INCREMENT NUMBER

35

Tabelle IV, 4, b

FIRE TEMPERATURE 43. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 57

175.	212.	206.	169.	115.	90.	78.	72.	66.	57.	50.	43.	35.	32.
188.	226.	225.	195.	162.	105.	101.	98.	89.	74.	63.	53.	40.	34.
210.	259.	270.	255.	231.	193.	181.	174.	159.	123.	101.	78.	50.	39.
201.	250.	264.	255.	237.	209.	200.	192.	174.	138.	117.	93.	57.	43.
156.	193.	208.	205.	194.	173.	167.	163.	152.	132.	133.	108.	64.	46.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	149.	167.	138.	74.	51.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	160.	182.	152.	80.	55.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	162.	186.	156.	82.	56.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	163.	187.	157.	83.	56.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	163.	187.	157.	83.	57.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	163.	187.	157.	83.	57.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	163.	187.	157.	83.	57.

FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

F
F MAXIMAL TEMPERATURES
F VERSUCH 1
F XMAX= .500 YMAX= .500

F	815.	386.	239.	169.	115.	90.	78.	72.	66.	57.	50.	43.	35.	32.
F	815.	390.	253.	195.	162.	105.	101.	98.	89.	74.	63.	53.	40.	34.
F	821.	432.	338.	276.	237.	202.	194.	191.	178.	131.	101.	78.	50.	39.
F	845.	539.	433.	362.	336.	332.	331.	332.	331.	254.	149.	93.	57.	43.
F	923.	853.	825.	812.	809.	809.	809.	806.	823.	707.	217.	108.	64.	46.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	816.	290.	142.	74.	51.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	800.	294.	156.	80.	55.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	803.	294.	158.	82.	56.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	803.	294.	159.	83.	56.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	803.	294.	159.	83.	57.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	803.	294.	159.	83.	57.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	803.	294.	159.	83.	57.

F
F
F MAX-TIME 1.50 NUMBER OF TIME INCREMENTS 35

FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

TTTTTTTTTTTTT	AAAAAAA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFF
TTTTTTTTTTTTT	AAAAAAAAA	SSSSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFF
TT	AAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSSSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FF
TT	AA AA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FF

TEMPERATURE ANALYSIS OF STRUCTURES EXPOSED TO FIRE
 SOLVES NON LINEAR TRANSIENT FIELD PROBLEMS
 *** TWO DIMENSIONAL VERSION ***
 PROGRAMMED BY ULF WICKSTROM
 LUND FEB 1979

TITLE OF RUN : DREISEITIG BEFLAMMTER BALKEN

GEOMETRY

MAXIMUM COORDINATES	XMAX=	.150	YMAX=	.500
MAXIMUM ELEMENT LENGTH	XBOX=	.250-01	YBOX=	.500-01

COORDINATES OF SPECIFIED Y - LINES

.250-01 .500-01 .750-01 .100+00

VOIDS

THIS STRUCTURE HAS NO VOID3

TIME

MAXIMUM TIME= 2.50

MAXIMUM TIME INCREMENT= 2.50

CRITICAL TIME INCREMENT FACTOR= 1.00

MAXIMUM NUMBER OF TIME INCREMENTS= 1000

NUMBER OF STEPS BETWEEN UPDATING OF CONDUCTION MATRIX= 1

PRINT OUT TIMES .25 .50 .75 1.0 1.5 2.0 2.5

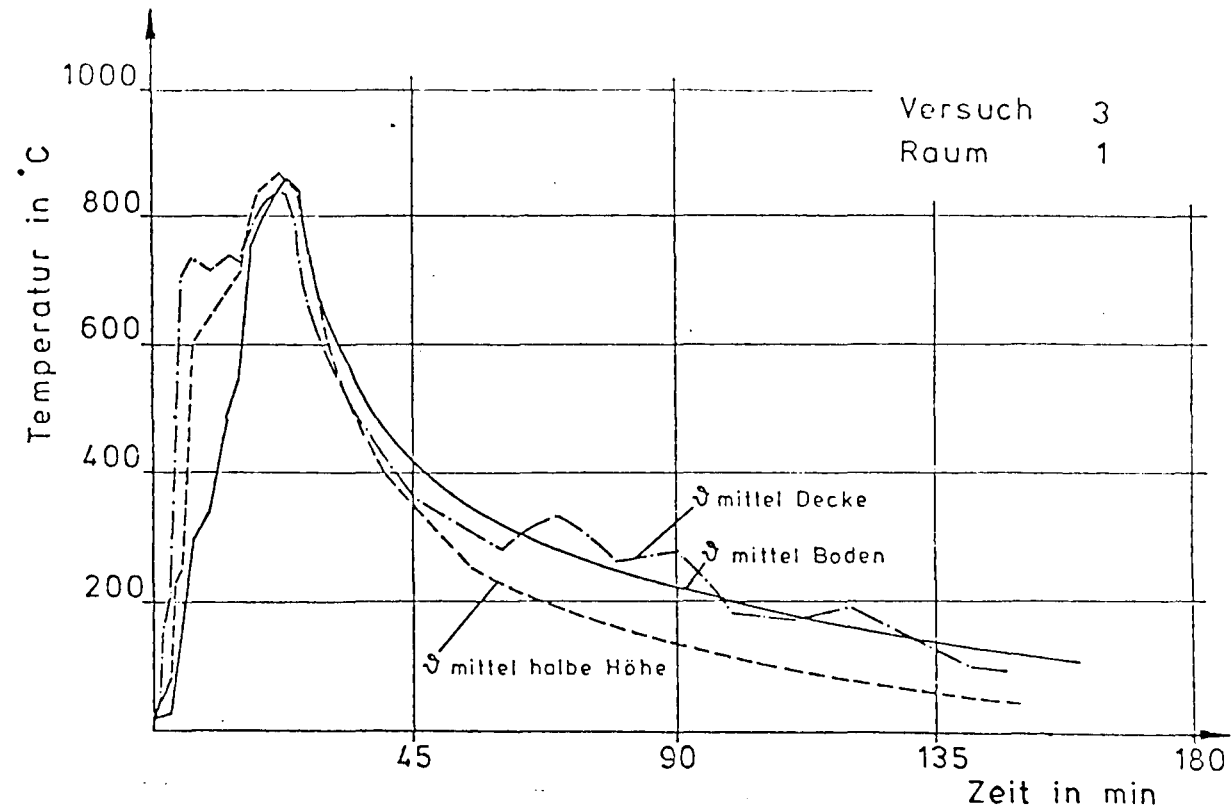
FIRE BOUNDARY TEMPERATURE

VERSUCH 3 RAUM 1

FIRE BOUNDARY TIME - TEMPERATURE INPUT PAIRS

TIME TEMPERATURE

.000	20.0
.830-01	235.
.100+00	474.
.150	682.
.233	776.
.383	859.
.467	706.
.750	353.
1.37	153.
2.52	20.0



***** TIME .250 ***** INCREMENT NUMBER 5 *****

Tabelle IV, 5, a

FIRE TEMPERATURE 785. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

645.	113.	42.	26.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
645.	113.	42.	26.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
645.	113.	42.	26.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
646.	113.	42.	26.	26.	26.	26.	26.	26.	26.	26.	26.	26.
646.	117.	54.	42.	42.	42.	42.	42.	42.	42.	42.	42.	41.
653.	243.	117.	113.	113.	113.	113.	113.	113.	113.	113.	113.	113.
675.	653.	646.	646.	645.	645.	645.	645.	645.	645.	645.	645.	645.

***** TIME .500 ***** INCREMENT NUMBER 13 *****

FIRE TEMPERATURE 665. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

610.	320.	109.	57.	34.	26.	26.	26.	26.	26.	26.	26.	26.
611.	320.	110.	58.	35.	28.	27.	27.	27.	27.	27.	27.	27.
611.	321.	111.	62.	41.	35.	35.	35.	35.	35.	35.	34.	34.
614.	331.	121.	80.	62.	57.	57.	57.	57.	57.	57.	56.	54.
624.	370.	211.	121.	110.	109.	109.	109.	109.	109.	109.	109.	105.
657.	482.	370.	331.	321.	320.	320.	320.	320.	320.	320.	320.	301.
647.	657.	624.	614.	611.	610.	610.	610.	610.	610.	611.	610.	608.

***** TIME .750 ***** INCREMENT NUMBER 19 *****

FIRE TEMPERATURE 353. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

360.	305.	188.	97.	56.	36.	33.	33.	33.	33.	33.	32.	32.
361.	307.	191.	100.	60.	40.	38.	37.	37.	37.	37.	37.	35.
364.	315.	201.	103.	74.	57.	54.	54.	54.	54.	53.	52.	49.
373.	337.	229.	134.	103.	97.	94.	94.	94.	94.	94.	91.	78.
390.	382.	295.	228.	200.	186.	185.	184.	184.	184.	184.	182.	142.
409.	440.	382.	336.	313.	305.	304.	304.	304.	304.	304.	302.	265.
368.	409.	390.	373.	364.	360.	360.	360.	360.	359.	360.	357.	350.

***** TIME 1.000 ***** INCREMENT NUMBER 23 *****

Tabelle IV, 5, a

FIRE TEMPERATURE 272. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

282.	263.	192.	111.	81.	54.	47.	46.	46.	46.	46.	45.	42.
284.	267.	197.	113.	86.	60.	54.	53.	53.	53.	52.	51.	47.
290.	278.	215.	154.	101.	78.	74.	73.	73.	73.	72.	71.	63.
301.	301.	250.	192.	147.	110.	108.	108.	108.	108.	108.	105.	96.
315.	334.	300.	249.	211.	190.	188.	187.	187.	187.	187.	183.	140.
321.	355.	334.	301.	276.	261.	259.	259.	259.	259.	258.	254.	213.
298.	321.	315.	301.	288.	281.	280.	279.	279.	279.	279.	274.	263.

***** TIME 1.500 ***** INCREMENT NUMBER 29 *****

FIRE TEMPERATURE 138. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

197.	211.	190.	153.	107.	87.	78.	75.	74.	74.	72.	69.	61.
200.	215.	196.	162.	112.	94.	83.	80.	80.	79.	78.	74.	65.
207.	227.	213.	181.	150.	104.	101.	99.	98.	98.	96.	90.	76.
216.	243.	235.	208.	181.	145.	133.	130.	129.	129.	127.	113.	95.
223.	257.	254.	234.	211.	178.	168.	165.	165.	164.	162.	151.	115.
218.	254.	256.	243.	225.	202.	191.	189.	188.	188.	185.	174.	140.
190.	218.	222.	216.	206.	189.	182.	181.	181.	180.	180.	171.	155.

***** TIME 2.000 ***** INCREMENT NUMBER 34 *****

FIRE TEMPERATURE 80. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 43

156.	176.	177.	165.	145.	103.	98.	95.	94.	93.	91.	84.	71.
158.	180.	181.	170.	152.	105.	100.	98.	97.	96.	94.	88.	73.
163.	187.	190.	180.	163.	121.	108.	106.	105.	104.	103.	93.	79.
169.	199.	205.	193.	177.	142.	128.	125.	123.	122.	119.	113.	89.
170.	202.	210.	204.	187.	158.	144.	139.	138.	137.	133.	122.	107.
160.	190.	202.	197.	184.	160.	148.	144.	143.	142.	138.	127.	114.

***** TIME 2.500 ***** INCREMENT NUMBER 38 *****

Tabelle IV, 5, a

FIRE TEMPERATURE 22. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 30

126.	152.	162.	161.	151.	110.	102.	101.	100.	100.	99.	91.	75.
127.	153.	164.	163.	154.	114.	104.	102.	102.	101.	100.	93.	76.
127.	154.	165.	165.	157.	129.	112.	109.	108.	107.	105.	99.	80.
127.	156.	167.	168.	161.	138.	122.	117.	115.	115.	114.	109.	85.
123.	151.	162.	164.	160.	141.	127.	121.	119.	118.	116.	114.	72.
115.	141.	151.	153.	149.	134.	124.	120.	118.	117.	115.	114.	107.
108.	115.	123.	125.	124.	115.	112.	111.	110.	110.	108.	106.	103.

FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

F
F MAXIMAL TEMPERATURES
F VERSUCH 3 RAUM 1
F XMAX= .150 YMAX= .500
F

F	757.	324.	196.	166.	153.	110.	102.	101.	100.	100.	99.	91.	75.
F	757.	325.	199.	171.	156.	114.	104.	102.	102.	101.	100.	93.	76.
F	757.	327.	219.	183.	163.	130.	112.	109.	108.	107.	105.	99.	80.
F	759.	345.	252.	209.	182.	145.	134.	132.	131.	130.	128.	114.	98.
F	767.	392.	304.	250.	216.	194.	192.	192.	192.	192.	191.	188.	146.
F	795.	488.	392.	344.	326.	324.	324.	324.	324.	324.	324.	325.	303.
F	878.	795.	767.	759.	757.	757.	757.	757.	757.	757.	757.	757.	757.

F
F
F MAX-TIME 2.50 NUMBER OF TIME INCREMENTS 38
F

FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

TTTTTTTTTTTTT	AAAAAAA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFF
TTTTTTTTTTTTT	AAAAAAAAA	SSSSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFF
TT	AAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSSSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FF
TT	AA AA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FF

TEMPERATURE ANALYSIS OF STRUCTURES EXPOSED TO FIRE
 SOLVES NON LINEAR TRANSIENT FIELD PROBLEMS
 *** TWO DIMENSIONAL VERSION ***
 PROGRAMMED BY ULF WICKSTROM
 LUND FEB 1979

TITLE OF RUN : DREISEITIG BEFLAMMTER PLATTENBALKEN

GEOMETRY

MAXIMUM COORDINATES	XMAX=	.500	YMAX=	.500
MAXIMUM ELEMENT LENGTH	XBOX=	.500-01	YBOX=	.500-01

SUBREGIONS
 NUMBER OF SUBREGIONS 1

SUBREGION DIAGONAL LIMITS

XMIN	YMIN	XMAX	YMAX	FICTITIOUS AREA
------	------	------	------	-----------------

FIRE BOUNDARY TEMPERATURE

VERSUCH 3 RAUM 1

FIRE BOUNDARY TIME - TEMPERATURE INPUT PAIRS

TIME TEMPERATURE

.000	20.0
.830-01	235.
.100+00	474.
.150	682.
.233	776.
.383	859.
.467	706.
.750	353.
1.37	153.
2.52	20.0

***** TIME .250 ***** INCREMENT NUMBER 6 *****

FIRE TEMPERATURE 785. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 57

628.	202.	55.	28.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
628.	202.	55.	28.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
633.	208.	65.	39.	36.	36.	36.	36.	35.	33.	29.	25.	25.	25.
664.	278.	141.	114.	113.	113.	113.	113.	112.	102.	57.	27.	25.	25.
769.	691.	646.	637.	637.	637.	637.	636.	650.	514.	82.	29.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	626.	102.	30.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	620.	102.	31.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	620.	102.	31.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	620.	102.	31.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	620.	102.	31.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	620.	102.	31.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	620.	102.	31.	25.	25.

***** TIME .500 ***** INCREMENT NUMBER 16 *****

Tabelle IV, 5, b

FIRE TEMPERATURE		665.	*****		TIME INCREMENT		LIMITING		NODE		57	
595.	374.	186.	72.	38.	28.	27.	26.	26.	26.	25.	25.	25.
595.	377.	191.	80.	46.	36.	35.	35.	34.	32.	29.	27.	25.
608.	414.	247.	118.	106.	104.	104.	104.	103.	88.	60.	38.	27.
645.	516.	400.	336.	318.	315.	315.	315.	313.	238.	108.	51.	28.
645.	662.	633.	616.	611.	609.	610.	607.	617.	550.	196.	65.	29.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	631.	262.	80.	31.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	620.	266.	84.	31.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	623.	266.	85.	32.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	622.	266.	85.	32.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	623.	266.	85.	32.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	623.	266.	85.	32.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	623.	266.	85.	32.

***** TIME .750 ***** INCREMENT NUMBER 22 *****

FIRE TEMPERATURE		353.	*****		TIME INCREMENT		LIMITING		NODE		57	
363.	333.	235.	110.	67.	39.	35.	34.	33.	31.	29.	28.	26.
367.	340.	246.	114.	83.	57.	53.	52.	49.	44.	38.	33.	27.
390.	392.	326.	240.	193.	164.	161.	160.	147.	108.	86.	55.	32.
411.	445.	404.	344.	309.	294.	292.	291.	289.	226.	142.	76.	36.
379.	415.	405.	384.	370.	364.	364.	363.	363.	325.	204.	99.	39.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	377.	272.	108.	44.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	375.	276.	110.	45.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	377.	276.	111.	46.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	376.	276.	111.	46.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	377.	276.	111.	46.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	376.	276.	111.	46.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	376.	276.	111.	46.

***** TIME 1.000 ***** INCREMENT NUMBER 26 *****

Tabelle IV, 5, b

FIRE TEMPERATURE 272. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 57

284.	274.	228.	153.	97.	57.	48.	46.	43.	39.	36.	32.	28.	27.
292.	287.	246.	179.	106.	83.	74.	71.	66.	57.	47.	40.	31.	28.
318.	338.	320.	268.	225.	195.	187.	185.	172.	119.	96.	68.	39.	31.
324.	355.	346.	311.	280.	257.	252.	250.	241.	183.	135.	88.	44.	33.
302.	322.	322.	307.	292.	280.	277.	276.	270.	237.	172.	104.	49.	35.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	276.	230.	124.	55.	37.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	280.	236.	140.	58.	39.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	281.	237.	142.	59.	39.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	281.	237.	142.	59.	40.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	281.	237.	142.	59.	40.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	281.	237.	142.	59.	40.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	281.	237.	142.	59.	40.

***** TIME 1.500 ***** INCREMENT NUMBER 33 *****

FIRE TEMPERATURE 138. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 57

201.	215.	204.	168.	117.	93.	79.	74.	67.	58.	51.	44.	36.	32.
210.	228.	223.	193.	163.	106.	101.	99.	89.	74.	63.	53.	40.	34.
228.	258.	264.	249.	227.	190.	177.	170.	155.	121.	99.	78.	51.	40.
222.	254.	262.	253.	236.	210.	200.	192.	174.	139.	116.	92.	57.	43.
195.	218.	225.	222.	213.	196.	188.	183.	171.	146.	133.	106.	64.	47.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	168.	166.	135.	75.	52.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	179.	181.	149.	81.	56.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	181.	185.	153.	83.	57.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	182.	186.	154.	84.	58.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	182.	186.	154.	84.	58.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	182.	186.	154.	84.	58.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	182.	186.	154.	84.	58.

***** TIME 2.000 ***** INCREMENT NUMBER 39 *****

Tabelle IV, 5, b

FIRE TEMPERATURE		80.	*****		TIME INCREMENT		LIMITING NODE		57				
159.	176.	181.	173.	154.	105.	97.	91.	83.	72.	63.	55.	45.	39.
167.	187.	196.	189.	173.	119.	107.	103.	98.	82.	72.	62.	49.	41.
175.	204.	216.	215.	203.	169.	151.	141.	128.	113.	95.	81.	59.	48.
165.	191.	206.	206.	198.	170.	155.	146.	134.	116.	110.	91.	66.	51.
143.	161.	171.	173.	169.	152.	141.	135.	125.	115.	115.	104.	72.	55.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	121.	128.	117.	83.	62.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	130.	139.	129.	90.	67.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	133.	144.	134.	94.	69.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	134.	145.	136.	95.	70.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	135.	146.	136.	96.	70.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	135.	146.	136.	96.	70.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	135.	146.	136.	96.	70.

***** TIME 2.500 ***** INCREMENT NUMBER 44 *****

FIRE TEMPERATURE		22.	*****		TIME INCREMENT		LIMITING NODE		57				
127.	150.	161.	164.	156.	113.	103.	99.	91.	80.	72.	64.	52.	45.
130.	154.	165.	169.	163.	137.	110.	105.	100.	86.	78.	69.	55.	47.
129.	154.	166.	172.	169.	149.	132.	121.	115.	109.	94.	83.	64.	53.
119.	142.	153.	159.	158.	142.	128.	120.	115.	112.	105.	91.	70.	56.
109.	116.	126.	131.	130.	119.	113.	111.	108.	107.	111.	101.	75.	60.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	107.	114.	112.	85.	66.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	109.	116.	114.	91.	71.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	111.	119.	117.	95.	73.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	111.	120.	119.	97.	75.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	111.	121.	119.	98.	75.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	111.	121.	120.	98.	75.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	111.	121.	120.	98.	75.

FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

Tabelle IV, 5, b

F
F MAXIMAL TEMPERATURES

F VERSUCH 3 RAUM 1

F XMAX= .500 YMAX= .500

F	647.	376.	235.	174.	157.	113.	103.	99.	91.	80.	72.	64.	52.	45.
F	647.	380.	247.	194.	173.	137.	110.	105.	100.	86.	78.	69.	55.	47.
F	648.	420.	329.	268.	232.	197.	188.	185.	172.	126.	99.	83.	64.	53.
F	782.	516.	420.	351.	324.	320.	319.	320.	319.	244.	142.	92.	70.	56.
F	781.	796.	765.	751.	748.	748.	748.	745.	760.	653.	209.	106.	75.	60.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	758.	281.	138.	85.	66.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	743.	285.	152.	91.	71.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	746.	285.	155.	95.	73.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	746.	285.	155.	97.	75.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	746.	285.	156.	98.	75.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	746.	285.	156.	98.	75.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	746.	285.	156.	98.	75.

F
F
F MAX-TIME 2.50 NUMBER OF TIME INCREMENTS 44

F
F
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

TTTTTTTTTTTTT	AAAAAAA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFF
TTTTTTTTTTTTT	AAAAAAAAA	SSSSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFF
TT	AAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FF
TT	AA AA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FF

TEMPERATURE ANALYSIS OF STRUCTURES EXPOSED TO FIRE
 SOLVES NON LINEAR TRANSIENT FIELD PROBLEMS
 *** TWO DIMENSIONAL VERSION ***
 PROGRAMMED BY ULF WICKSTROM
 LUND FEB 1979

TITLE OF RUN : DREISEITIG BEFLAMMTER BALKEN

GEOMETRY

MAXIMUM COORDINATES	XMAX=	.150	YMAX=	.500
MAXIMUM ELEMENT LENGTH	XBOX=	.250-01	YBOX=	.500-01

COORDINATES OF SPECIFIED Y - LINES

.250-01 .500-01 .750-01 .100+00

VOIDS

THIS STRUCTURE HAS NO VOIDS

TIME

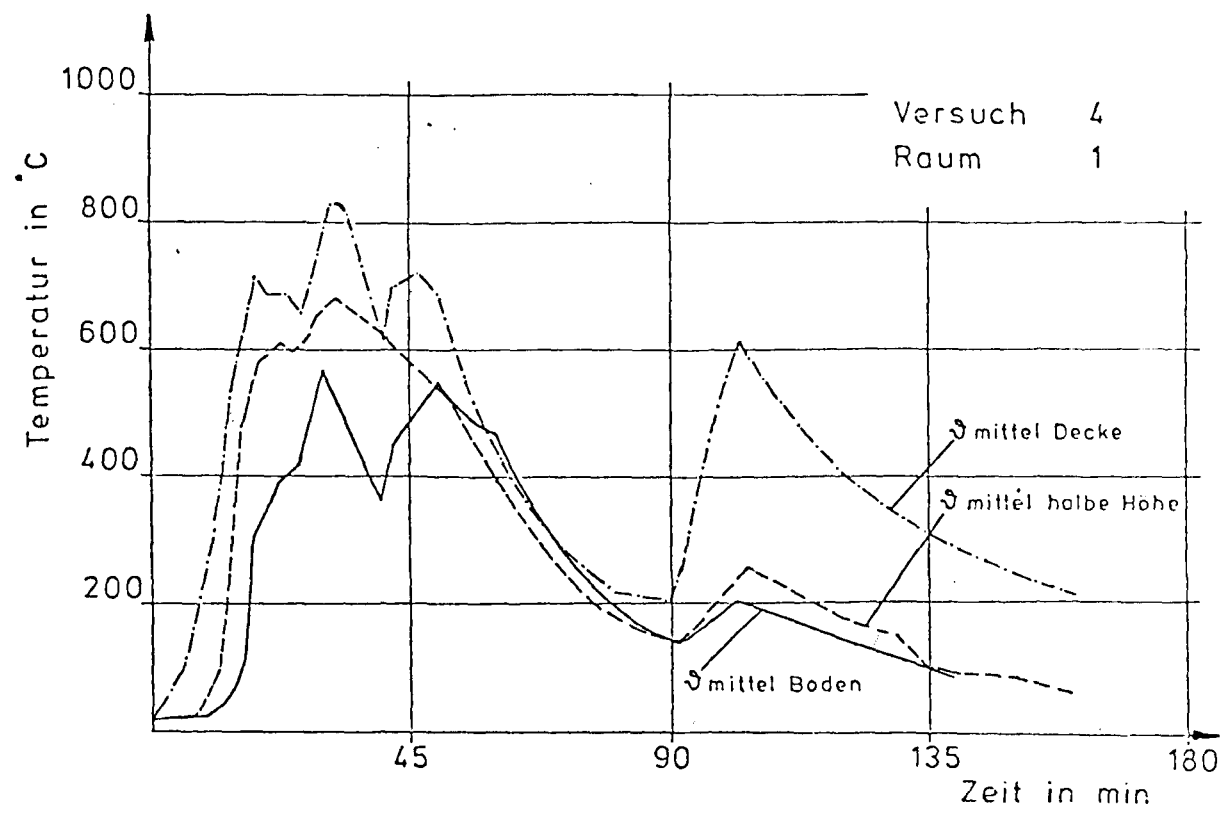
MAXIMUM TIME= 3.00
 MAXIMUM TIME INCREMENT= 3.00
 CRITICAL TIME INCREMENT FACTOR= 1.00
 MAXIMUM NUMBER OF TIME INCREMENTS= 1000
 NUMBER OF STEPS BETWEEN UPDATING OF CONDUCTION MATRIX= 1
 PRINT OUT TIMES .25 .50 .75 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0

FIRE BOUNDARY TEMPERATURE

VERSUCH 4 RAUM 1

FIRE BOUNDARY TIME - TEMPERATURE INPUT PAIRS

TIME	TEMPERATURE
.000	20.0
.183	82.0
.333	565.
.533	675.
.750	565.
1.08	295.
1.50	145.
1.72	253.
2.25	106.
3.02	20.0



***** TIME .250 ***** INCREMENT NUMBER 5 *****

Tabelle IV, 6, a

FIRE TEMPERATURE 298. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

76.	30.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
76.	30.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
76.	30.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
76.	30.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
76.	30.	26.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
80.	34.	30.	30.	30.	30.	30.	30.	30.	30.	30.	30.	30.
106.	80.	76.	76.	76.	76.	76.	76.	76.	76.	76.	76.	76.

***** TIME .500 ***** INCREMENT NUMBER 9 *****

FIRE TEMPERATURE 657. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

490.	124.	53.	31.	26.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
490.	124.	53.	31.	26.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
490.	124.	53.	31.	26.	26.	26.	26.	26.	26.	26.	26.	26.
491.	128.	56.	36.	31.	31.	31.	31.	31.	31.	31.	31.	30.
499.	153.	76.	56.	53.	53.	53.	53.	53.	53.	53.	53.	51.
538.	254.	153.	128.	124.	124.	124.	124.	124.	124.	124.	124.	121.
637.	538.	499.	491.	490.	490.	490.	490.	490.	490.	490.	490.	490.

***** TIME .750 ***** INCREMENT NUMBER 15 *****

FIRE TEMPERATURE 565. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

472.	262.	106.	59.	36.	27.	27.	27.	27.	27.	26.	26.	26.
472.	263.	106.	60.	37.	29.	28.	28.	28.	28.	28.	28.	28.
473.	265.	108.	65.	44.	37.	36.	36.	36.	36.	36.	36.	35.
478.	276.	113.	82.	64.	59.	58.	58.	58.	58.	58.	58.	54.
492.	313.	195.	113.	107.	106.	106.	106.	106.	106.	106.	106.	102.
525.	399.	313.	275.	264.	262.	262.	262.	262.	262.	262.	262.	247.
552.	525.	492.	477.	473.	472.	471.	471.	471.	471.	472.	471.	469.

*** T 000 *** I EMB N U R 20 *** **

FIRE TEMPERATURE 362. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

333.	261.	160.	88.	56.	37.	34.	34.	34.	34.	34.	33.	32.
334.	264.	163.	91.	59.	41.	38.	38.	38.	38.	38.	37.	36.
339.	273.	175.	101.	71.	55.	52.	52.	52.	52.	52.	51.	47.
349.	294.	204.	112.	101.	86.	84.	84.	84.	84.	83.	81.	72.
368.	333.	256.	204.	174.	158.	156.	156.	156.	156.	156.	153.	114.
388.	383.	333.	293.	271.	261.	260.	259.	259.	259.	259.	258.	232.
376.	388.	368.	349.	338.	333.	332.	332.	332.	332.	332.	330.	325.

***** TIME 1.500 ***** INCREMENT NUMBER 27 *****

FIRE TEMPERATURE 145. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

201.	207.	168.	116.	95.	70.	61.	59.	59.	59.	58.	56.	51.
204.	211.	175.	137.	100.	74.	67.	65.	65.	64.	64.	61.	55.
211.	223.	193.	155.	107.	91.	83.	81.	81.	81.	80.	77.	68.
222.	241.	220.	185.	155.	112.	109.	108.	108.	108.	107.	104.	90.
231.	259.	248.	219.	192.	164.	158.	157.	157.	157.	156.	150.	117.
231.	264.	259.	240.	221.	202.	196.	195.	195.	195.	194.	185.	151.
205.	231.	231.	221.	210.	197.	193.	192.	192.	192.	191.	181.	164.

***** TIME 2.000 ***** INCREMENT NUMBER 33 *****

FIRE TEMPERATURE 175. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

188.	190.	171.	143.	109.	94.	85.	82.	81.	80.	78.	74.	64.
191.	193.	175.	148.	113.	98.	88.	85.	84.	84.	82.	78.	66.
199.	202.	186.	163.	142.	104.	100.	96.	96.	95.	94.	88.	74.
206.	213.	201.	182.	162.	132.	116.	113.	113.	113.	111.	106.	87.
212.	223.	215.	200.	184.	156.	143.	140.	140.	139.	137.	130.	109.
213.	227.	223.	212.	200.	175.	165.	162.	162.	162.	159.	152.	132.
201.	213.	212.	205.	197.	178.	171.	169.	168.	168.	166.	159.	150.

***** TIME 2.500 ***** INCREMENT NUMBER 38 *****

Tabelle IV, 6, a

FIRE TEMPERATURE 78. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 40

146.	161.	161.	152.	136.	103.	98.	95.	94.	93.	90.	84.	70.
147.	162.	163.	154.	140.	104.	100.	97.	96.	95.	93.	86.	72.
150.	167.	170.	162.	149.	113.	105.	102.	102.	101.	100.	94.	77.
154.	172.	177.	171.	159.	132.	120.	116.	115.	114.	112.	106.	85.
154.	174.	180.	176.	166.	144.	132.	127.	125.	124.	122.	115.	101.
148.	168.	174.	171.	164.	146.	135.	131.	129.	128.	126.	119.	112.
133.	148.	154.	152.	147.	135.	127.	123.	122.	121.	119.	115.	113.

***** TIME 3.000 ***** INCREMENT NUMBER 42 *****

FIRE TEMPERATURE 22. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 27

118.	138.	147.	147.	139.	108.	101.	100.	100.	99.	96.	88.	73.
118.	138.	148.	147.	141.	110.	103.	101.	100.	100.	98.	90.	74.
118.	139.	149.	149.	143.	122.	108.	105.	105.	104.	102.	95.	77.
117.	138.	149.	149.	145.	128.	115.	113.	112.	112.	110.	103.	81.
115.	134.	145.	147.	144.	129.	119.	115.	115.	115.	114.	111.	87.
113.	126.	134.	135.	134.	124.	117.	115.	115.	114.	114.	112.	104.
105.	113.	115.	115.	115.	113.	110.	108.	107.	106.	106.	104.	102.

FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

F

MAXIMAL TEMPERATURES

F VERSUCH 4 RAUM 1

F XMAX= .150 YMAX= .500

F

515.	270.	175.	139.	140.	108.	101.	100.	100.	99.	96.	88.	73.
515.	270.	178.	144.	142.	110.	103.	101.	100.	100.	98.	90.	74.
515.	275.	193.	164.	149.	122.	108.	105.	105.	104.	102.	95.	77.
518.	295.	223.	186.	160.	134.	122.	117.	115.	114.	112.	106.	90.
530.	337.	267.	222.	191.	171.	169.	169.	169.	169.	168.	164.	128.
570.	407.	337.	294.	274.	270.	269.	269.	269.	269.	269.	269.	251.
616.	570.	530.	518.	515.	515.	515.	515.	515.	515.	515.	514.	514.

F

F

F MAX-TIME 3.00 NUMBER OF TIME INCREMENTS 42

F

F

FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

Tabelle IV, 6, b

TTTTTTTTTTTTT	AAAAAAA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFF
TTTTTTTTTTTTT	AAAAAAAAAA	SSSSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AAAAAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFF
TT	AAAAAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSSSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FF
TT	AA AA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FF

TEMPERATURE ANALYSIS OF STRUCTURES EXPOSED TO FIRE
 SOLVES NON LINEAR TRANSIENT FIELD PROBLEMS
 *** TWO DIMENSIONAL VERSION ***
 PROGRAMMED BY ULF WICKSTROM
 LUND FEB 1979

TITLE OF RUN : DREISEITIG BEFLAMMTER PLATTENBALKEN

GEOMETRY

MAXIMUM COORDINATES	XMAX=	.500	YMAX=	.500
MAXIMUM ELEMENT LENGTH	XBOX=	.500-01	YBOX=	.500-01

SUBREGIONS
 NUMBER OF SUBREGIONS 1

SUBREGION DIAGONAL LIMITS

XMIN	YMIN	XMAX	YMAX	FICTITIOUS APEA
------	------	------	------	-----------------

PRINT OUT TIMES .25 .50 .75 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0

Tabelle IV, 6, b

FIRE BOUNDARY TEMPERATURE

VERSUCH 4 RAUM 1

FIRE BOUNDARY TIME - TEMPERATURE INPUT PAIRS

TIME TEMPERATURE

.000	20.0
.183	82.0
.333	565.
.533	675.
.750	565.
1.08	295.
1.50	145.
1.72	253.
2.25	106.
3.02	20.0

***** TIME .250 ***** INCREMENT NUMBER 6 *****

FIRE TEMPERATURE 298. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 57

76.	32.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
76.	32.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
76.	33.	26.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
80.	37.	30.	29.	29.	29.	29.	29.	29.	28.	26.	25.	25.	25.
104.	77.	71.	70.	70.	70.	70.	70.	70.	57.	27.	25.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	65.	27.	25.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	65.	28.	25.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	65.	28.	25.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	65.	28.	25.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	65.	28.	25.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	65.	28.	25.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	65.	28.	25.	25.	25.

***** TIME .500 ***** INCREMENT NUMBER 11 *****

Tabelle IV, 6, b

FIRE TEMPERATURE		657.		*****		TIME INCREMENT		LIMITING		NODE		57	
477.	195.	71.	35.	26.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
478.	196.	72.	36.	27.	26.	26.	26.	26.	25.	25.	25.	25.	25.
485.	209.	89.	54.	47.	47.	47.	46.	45.	40.	33.	27.	25.	25.
526.	279.	175.	123.	115.	115.	115.	115.	113.	103.	60.	30.	25.	25.
630.	543.	497.	481.	479.	479.	479.	478.	489.	384.	88.	34.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	478.	104.	37.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	473.	105.	38.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	473.	105.	38.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	473.	105.	38.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	473.	105.	38.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	473.	105.	38.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	473.	105.	38.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	473.	105.	38.	25.	25.

***** TIME .750 ***** INCREMENT NUMBER 18 *****

FIRE TEMPERATURE		565.		*****		TIME INCREMENT		LIMITING		NODE		57	
465.	292.	152.	69.	41.	29.	27.	27.	27.	26.	26.	25.	25.	25.
466.	296.	158.	78.	48.	38.	37.	36.	35.	32.	30.	27.	25.	25.
484.	336.	220.	113.	104.	102.	102.	102.	100.	79.	56.	38.	27.	25.
520.	418.	334.	280.	260.	256.	255.	255.	250.	185.	100.	48.	28.	25.
552.	531.	502.	481.	473.	471.	471.	469.	476.	399.	140.	60.	30.	26.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	482.	213.	74.	31.	26.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	475.	219.	78.	32.	26.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	477.	219.	79.	32.	26.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	477.	219.	79.	32.	26.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	477.	219.	79.	32.	26.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	477.	219.	79.	32.	26.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	477.	219.	79.	32.	26.

***** TIME 2.000 ***** INCREMENT NUMBER 39 *****

Tabelle IV, 6, b

FIRE TEMPERATURE 175. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 57													
187.	189.	177.	152.	115.	98.	85.	78.	70.	61.	54.	47.	39.	34.
199.	203.	191.	171.	151.	106.	101.	95.	85.	72.	63.	54.	42.	37.
214.	224.	222.	210.	193.	165.	150.	141.	127.	106.	89.	73.	52.	42.
215.	227.	227.	219.	208.	182.	170.	161.	149.	124.	107.	84.	57.	45.
204.	215.	216.	211.	204.	185.	175.	169.	160.	139.	119.	95.	63.	49.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	157.	140.	112.	72.	54.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	164.	150.	122.	78.	57.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	167.	154.	126.	81.	59.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	168.	155.	127.	81.	60.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	168.	155.	128.	82.	60.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	168.	155.	128.	82.	60.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	168.	155.	128.	82.	60.

***** TIME 2.500 ***** INCREMENT NUMBER 45 *****

FIRE TEMPERATURE 78. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 57													
147.	158.	163.	156.	142.	105.	97.	90.	82.	71.	63.	56.	46.	40.
152.	165.	172.	167.	156.	113.	104.	101.	92.	79.	70.	61.	49.	42.
159.	176.	186.	184.	175.	152.	136.	127.	116.	104.	89.	77.	58.	48.
153.	168.	177.	177.	171.	153.	140.	131.	121.	113.	102.	85.	63.	51.
136.	148.	156.	157.	153.	140.	130.	123.	115.	113.	111.	93.	69.	54.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	114.	116.	110.	78.	60.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	118.	123.	115.	84.	64.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	120.	127.	117.	87.	66.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	122.	128.	119.	88.	67.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	122.	129.	120.	89.	68.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	122.	129.	120.	89.	68.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	122.	129.	120.	89.	68.

FIRE TEMPERATURE 22. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 57

113.	143.	141.	148.	141.	110.	101.	97.	88.	77.	70.	63.	52.	45.
114.	145.	144.	151.	146.	124.	107.	102.	95.	83.	75.	67.	55.	47.
113.	142.	142.	151.	148.	135.	122.	115.	112.	101.	89.	78.	62.	52.
113.	131.	134.	140.	138.	128.	119.	115.	113.	108.	96.	85.	67.	55.
105.	113.	115.	119.	118.	114.	111.	108.	105.	104.	106.	91.	72.	58.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	105.	112.	107.	80.	63.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	106.	114.	111.	86.	67.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	107.	114.	113.	88.	69.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	108.	115.	113.	90.	70.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	108.	115.	113.	90.	71.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	108.	115.	113.	90.	71.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	108.	115.	113.	90.	71.

FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

F
F MAXIMAL TEMPERATURES

F VERSUCH 4 RAUM 1

F XMAX= .500 YMAX= .500

F	517.	300.	203.	147.	143.	110.	101.	97.	88.	77.	70.	63.	52.	45.
F	517.	305.	215.	167.	156.	124.	107.	102.	95.	83.	75.	67.	55.	47.
F	525.	351.	285.	237.	206.	172.	163.	159.	145.	107.	89.	78.	62.	52.
F	563.	422.	355.	300.	271.	265.	264.	265.	259.	196.	113.	85.	67.	55.
F	658.	579.	539.	519.	514.	513.	513.	510.	523.	427.	170.	99.	72.	58.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	526.	233.	113.	80.	63.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	515.	240.	127.	86.	67.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	516.	240.	130.	88.	69.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	516.	241.	131.	90.	70.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	516.	241.	131.	90.	71.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	516.	241.	131.	90.	71.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	516.	241.	131.	90.	71.

F MAX-TIME 3.00 NUMBER OF TIME INCREMENTS 50

FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

TTTTTTTTTTTT	AAAAAAA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFF
TTTTTTTTTTTT	AAAAAAAAA	SSSSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFFF
TT	AAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFFF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FF
TT	AA AA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FF

TEMPERATURE ANALYSIS OF STRUCTURES EXPOSED TO FIRE
 SOLVES NON LINEAR TRANSIENT FIELD PROBLEMS
 *** TWO DIMENSIONAL VERSION ***
 PROGRAMMED BY ULF WICKSTROM
 LUND FEB 1979

TITLE OF RUN : DREISEITIG BEFLAMMTER BALKEN

GEOMETRY

MAXIMUM COORDINATES	XMAX=	.150	YMAX=	.500
MAXIMUM ELEMENT LENGTH	XBOX=	.250-01	YBOX=	.500-01

COORDINATES OF SPECIFIED Y - LINES

.250-01 .500-01 .750-01 .100+00

VOIDS

THIS STRUCTURE HAS NO VOIDS

TIME

MAXIMUM TIME= 2.50

MAXIMUM TIME INCREMENT= 2.50

CRITICAL TIME INCREMENT FACTOR= 1.00

MAXIMUM NUMBER OF TIME INCREMENTS= 1000

NUMBER OF STEPS BETWEEN UPDATING OF CONDUCTION MATRIX= 1

PRINT OUT TIMES .25 .50 .75 1.0 1.5 2.0 2.5

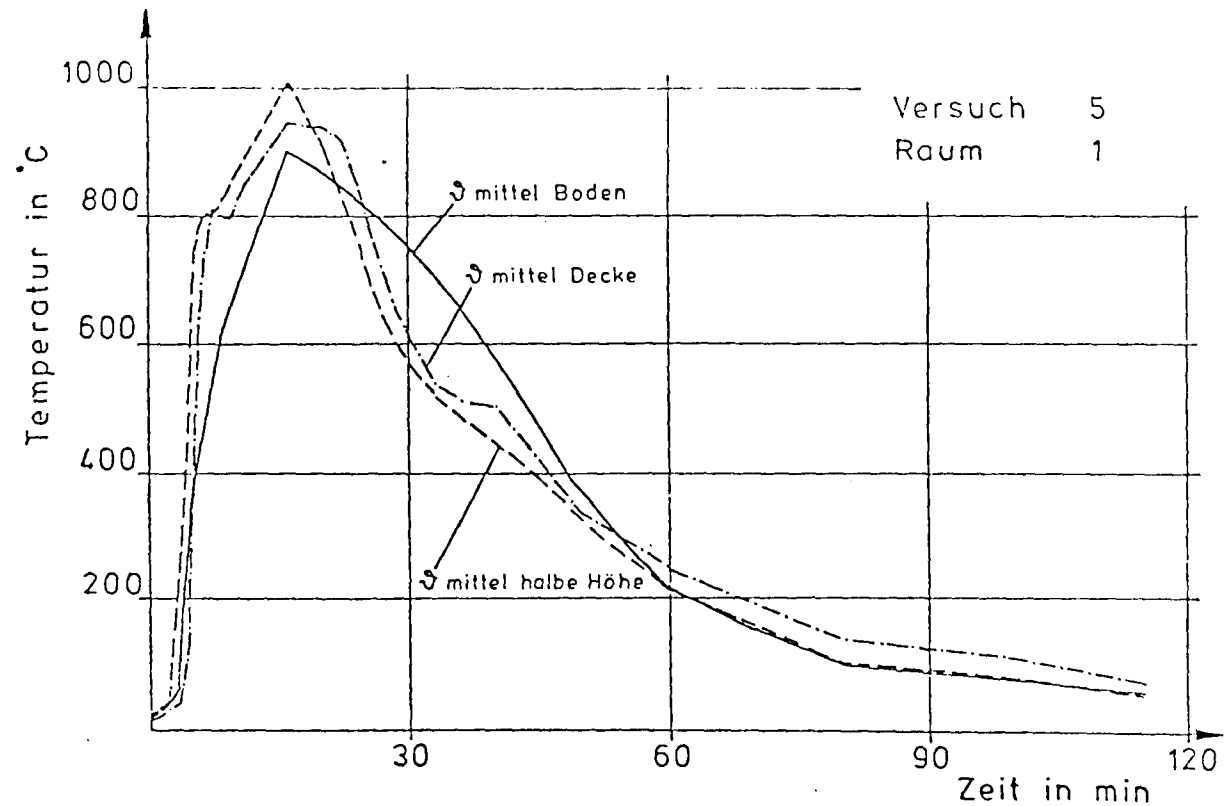
FIRE BOUNDARY TEMPERATURE

VERSUCH 5 RAUM 1

FIRE BOUNDARY TIME - TEMPERATURE INPUT PAIRS

TIME TEMPERATURE

.000	20.0
.670-01	400.
.133	824.
.283	.101+04
.367	871.
.433	682.
.533	540.
1.00	225.
1.33	105.
2.52	20.0



***** TIME .250 ***** INCREMENT NUMBER 6 *****

Tabelle IV, 7, a

FIRE TEMPERATURE 971. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 1

881.	219.	53.	28.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
881.	219.	53.	28.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
881.	219.	53.	28.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
880.	220.	55.	30.	28.	28.	28.	28.	28.	28.	28.	28.	28.
891.	231.	77.	55.	53.	53.	53.	53.	53.	53.	53.	53.	51.
932.	326.	231.	220.	219.	219.	219.	219.	219.	219.	219.	219.	217.
937.	932.	891.	880.	881.	881.	881.	881.	881.	881.	881.	881.	880.

***** TIME .500 ***** INCREMENT NUMBER 15 *****

FIRE TEMPERATURE 587. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

562.	344.	137.	64.	37.	27.	27.	27.	27.	27.	26.	26.	26.
562.	344.	139.	65.	39.	30.	29.	29.	29.	29.	29.	29.	28.
563.	347.	147.	73.	47.	39.	38.	38.	38.	38.	38.	38.	37.
567.	361.	180.	98.	71.	64.	64.	64.	64.	64.	64.	63.	59.
578.	409.	253.	180.	145.	137.	137.	137.	137.	137.	137.	135.	112.
611.	520.	409.	361.	346.	344.	344.	344.	344.	344.	344.	344.	317.
577.	611.	578.	567.	562.	562.	562.	562.	562.	562.	562.	561.	558.

***** TIME .750 ***** INCREMENT NUMBER 20 *****

FIRE TEMPERATURE 394. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

382.	312.	202.	103.	64.	40.	36.	35.	35.	35.	35.	35.	34.
383.	314.	204.	104.	68.	45.	41.	41.	41.	41.	41.	40.	38.
387.	322.	214.	110.	83.	64.	61.	61.	61.	61.	60.	59.	54.
396.	346.	248.	172.	109.	103.	102.	102.	102.	102.	102.	101.	87.
412.	392.	316.	248.	212.	201.	199.	199.	199.	199.	199.	195.	151.
427.	445.	392.	345.	320.	311.	310.	310.	310.	310.	309.	307.	263.
406.	427.	412.	396.	386.	382.	382.	382.	382.	382.	382.	373.	370.

***** TIME 1.000 ***** INCREMENT NUMBER 24 *****

FIRE TEMPERATURE 225. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

274.	271.	202.	122.	88.	59.	52.	51.	50.	50.	50.	48.	45.
276.	274.	208.	138.	94.	65.	58.	57.	57.	57.	56.	55.	50.
282.	287.	229.	167.	104.	84.	78.	77.	77.	77.	77.	75.	67.
293.	312.	266.	207.	167.	115.	113.	112.	112.	112.	112.	109.	100.
307.	345.	314.	265.	225.	200.	195.	195.	195.	195.	194.	189.	144.
311.	365.	345.	311.	285.	269.	267.	266.	266.	266.	266.	261.	216.
274.	311.	307.	293.	281.	273.	272.	272.	272.	272.	272.	266.	254.

***** TIME 1.500 ***** INCREMENT NUMBER 29 *****

FIRE TEMPERATURE 93. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 79

181.	210.	196.	160.	111.	93.	84.	80.	80.	79.	77.	73.	64.
184.	214.	203.	169.	126.	99.	88.	86.	86.	85.	84.	78.	68.
192.	227.	220.	190.	161.	108.	103.	102.	102.	101.	101.	95.	79.
203.	243.	241.	218.	191.	151.	139.	137.	137.	136.	134.	121.	96.
208.	254.	257.	241.	218.	183.	172.	170.	169.	168.	165.	152.	115.
200.	246.	254.	242.	225.	199.	186.	183.	182.	182.	179.	168.	131.
166.	200.	208.	203.	190.	174.	169.	168.	168.	167.	165.	154.	137.

***** TIME 2.000 ***** INCREMENT NUMBER 33 *****

FIRE TEMPERATURE 57. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 30

147.	174.	181.	173.	156.	105.	100.	99.	98.	97.	95.	88.	74.
149.	178.	184.	175.	160.	108.	102.	100.	100.	100.	98.	91.	75.
154.	184.	192.	187.	170.	132.	111.	109.	108.	107.	105.	100.	81.
159.	194.	205.	198.	183.	148.	130.	125.	124.	123.	119.	114.	89.
157.	195.	207.	204.	188.	157.	143.	138.	137.	135.	132.	121.	106.
147.	178.	194.	192.	181.	156.	143.	139.	137.	136.	132.	123.	112.
124.	147.	157.	158.	152.	135.	126.	124.	123.	122.	119.	114.	111.

***** TIME 2.500 ***** INCREMENT NUMBER 37 *****

Tabelle IV, 7, a

FIRE TEMPERATURE 21. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 4

124.	152.	164.	164.	157.	113.	103.	101.	101.	101.	100.	93.	76.
124.	153.	164.	165.	157.	125.	106.	103.	103.	102.	101.	95.	77.
124.	154.	166.	167.	160.	133.	114.	111.	110.	109.	106.	100.	81.
124.	153.	165.	168.	162.	140.	123.	117.	115.	115.	114.	110.	84.
120.	148.	160.	163.	159.	141.	127.	121.	119.	117.	115.	113.	91.
114.	137.	147.	151.	148.	133.	123.	119.	117.	116.	115.	113.	105.
105.	114.	119.	122.	120.	114.	111.	109.	108.	107.	106.	103.	100.

FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

F

F MAXIMAL TEMPERATURES

F VERSUCH 5 RAUM 1

F XMAX= .150 YMAX= .500

F

F 915. 346. 203. 173. 158. 113. 103. 101. 101. 101. 100. 93. 76.

F 915. 346. 211. 177. 162. 125. 106. 103. 103. 102. 101. 95. 77.

F 915. 348. 231. 191. 170. 133. 114. 111. 110. 109. 106. 100. 81.

F 915. 362. 266. 220. 191. 151. 140. 138. 137. 137. 135. 122. 101.

F 916. 413. 320. 265. 229. 202. 201. 201. 201. 201. 201. 197. 151.

F 968. 523. 413. 362. 348. 346. 346. 346. 346. 346. 346. 347. 325.

F 1149. 968. 916. 915. 915. 915. 915. 915. 915. 915. 915. 915. 915.

F

F

F MAX-TIME 2.50 NUMBER OF TIME INCREMENTS 37

F

F

FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

TTTTTTTTTTTTT	AAAAAAA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFF
TTTTTTTTTTTTT	AAAAAAAAA	SSSSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FFFFFFFFFFFF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFFF
TT	AAAAAAAAA	SSS	EEEEEEEE	FFFFFFFFF
TT	AA AA	SSS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SS SS	EE	FF
TT	AA AA	SSSSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FF
TT	AA AA	SSSSSS	EEEEEEEEEEEE	FF

TEMPERATURE ANALYSIS OF STRUCTURES EXPOSED TO FIRE
 SOLVES NON LINEAR TRANSIENT FIELD PROBLEMS
 *** TWO DIMENSIONAL VERSION ***
 PROGRAMMED BY ULF WICKSTROM
 LUND FEB 1979

TITLE OF RUN : DREISEITIG BEFLAMMTER PLATTENBALKEN

GEOMETRY

MAXIMUM COORDINATES	XMAX=	.500	YMAX=	.500
MAXIMUM ELEMENT LENGTH	XBOX=	.500-01	YBOX=	.500-01

SUBREGIONS
 NUMBER OF SUBREGIONS 1

SUBREGION DIAGONAL LIMITS

XMIN	YMIN	XMAX	YMAX	FICTITIOUS AREA
------	------	------	------	-----------------

FIRE BOUNDARY TEMPERATURE

VERSUCH 5 RAUM 1

FIRE BOUNDARY TIME - TEMPERATURE INPUT PAIRS

TIME TEMPERATURE

.000	20.0
.670-01	400.
.133	824.
.283	.101+04
.367	871.
.433	682.
.533	540.
1.00	225.
1.33	105.
2.52	20.0

***** TIME .250 ***** INCREMENT NUMBER 7 *****

FIRE TEMPERATURE 971. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 20

888.	276.	82.	32.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
887.	276.	82.	33.	26.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
901.	282.	98.	52.	46.	46.	46.	45.	44.	39.	32.	26.	25.	25.
953.	346.	232.	208.	205.	205.	205.	205.	201.	124.	78.	30.	25.	25.
929.	909.	890.	873.	872.	872.	872.	868.	892.	758.	105.	34.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	885.	120.	36.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	868.	126.	36.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	869.	125.	37.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	869.	125.	37.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	869.	125.	37.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	869.	125.	37.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	869.	125.	37.	25.	25.

***** TIME .500 ***** INCREMENT NUMBER 17 *****

Tabelle IV, 7, b

FIRE TEMPERATURE		587.		*****		TIME INCREMENT		LIMITING		NODE		57	
550.	396.	220.	90.	44.	29.	28.	27.	27.	26.	26.	25.	25.	25.
552.	399.	225.	99.	53.	40.	39.	39.	37.	34.	31.	28.	25.	25.
565.	442.	289.	174.	114.	111.	111.	111.	109.	101.	70.	42.	27.	25.
602.	545.	438.	363.	340.	336.	336.	336.	338.	264.	137.	59.	29.	25.
582.	614.	590.	572.	566.	564.	565.	563.	567.	527.	219.	78.	31.	26.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	587.	292.	97.	33.	26.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	578.	294.	101.	34.	26.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	581.	294.	101.	35.	26.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	581.	294.	101.	35.	26.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	581.	294.	101.	35.	26.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	581.	294.	101.	35.	26.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	581.	294.	101.	35.	26.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	581.	294.	101.	35.	26.

***** TIME .750 ***** INCREMENT NUMBER 23 *****

FIRE TEMPERATURE		394.		*****		TIME INCREMENT		LIMITING		NODE		57	
380.	334.	243.	118.	73.	43.	37.	36.	35.	33.	31.	29.	26.	25.
384.	343.	257.	147.	93.	64.	58.	57.	54.	48.	41.	35.	28.	26.
407.	399.	342.	262.	210.	185.	180.	179.	168.	114.	94.	61.	34.	28.
424.	448.	410.	351.	314.	297.	295.	293.	290.	230.	153.	84.	38.	29.
405.	426.	418.	399.	385.	378.	378.	377.	376.	337.	210.	102.	42.	30.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	387.	274.	112.	47.	32.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	386.	277.	115.	48.	33.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	387.	277.	115.	49.	33.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	387.	277.	115.	49.	33.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	387.	277.	115.	49.	33.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	387.	277.	115.	49.	33.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	387.	277.	115.	49.	33.

***** TIME 1.000 ***** INCREMENT NUMBER 27 *****

Tabelle IV, 7, b

FIRE TEMPERATURE 225. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 57

275.	280.	239.	165.	102.	62.	53.	50.	47.	42.	38.	34.	29.	27.
282.	294.	259.	191.	110.	90.	81.	77.	71.	61.	51.	43.	33.	29.
308.	346.	332.	281.	238.	204.	198.	195.	183.	137.	101.	73.	41.	32.
313.	361.	355.	320.	288.	264.	259.	257.	248.	194.	143.	93.	46.	34.
278.	311.	313.	299.	284.	273.	270.	269.	264.	234.	178.	107.	52.	37.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	271.	235.	140.	59.	40.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	273.	242.	154.	62.	41.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	274.	243.	155.	63.	42.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	274.	243.	156.	64.	42.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	274.	243.	156.	64.	42.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	274.	243.	156.	64.	42.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	274.	243.	156.	64.	42.

***** TIME 1.500 ***** INCREMENT NUMBER 33 *****

FIRE TEMPERATURE 93. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 57

183.	211.	207.	176.	137.	99.	84.	78.	72.	62.	54.	47.	38.	33.
195.	225.	226.	201.	174.	109.	103.	101.	94.	78.	67.	56.	42.	36.
213.	254.	264.	255.	233.	194.	179.	173.	158.	123.	102.	81.	53.	42.
203.	243.	257.	251.	235.	207.	194.	186.	170.	137.	117.	95.	60.	45.
168.	197.	209.	207.	198.	178.	172.	168.	156.	136.	131.	110.	67.	49.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	152.	162.	138.	78.	55.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	162.	177.	153.	85.	59.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	165.	181.	157.	88.	60.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	166.	182.	158.	89.	61.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	166.	182.	158.	89.	61.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	166.	182.	158.	89.	61.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	166.	182.	158.	89.	61.

***** TIME 2.000 ***** INCREMENT NUMBER 38 *****

Tabelle IV, 7, b

FIRE TEMPERATURE 57. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 57													
149.	173.	180.	177.	161.	107.	100.	94.	87.	75.	66.	58.	47.	40.
156.	184.	194.	191.	177.	132.	109.	105.	100.	86.	75.	65.	51.	43.
163.	196.	210.	213.	203.	168.	148.	139.	127.	113.	99.	83.	61.	49.
151.	179.	196.	202.	193.	165.	149.	140.	129.	115.	111.	93.	68.	53.
127.	147.	158.	162.	159.	142.	131.	124.	115.	113.	114.	106.	74.	57.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	114.	124.	117.	86.	64.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	119.	134.	128.	93.	69.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	123.	139.	133.	97.	72.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	124.	141.	135.	99.	73.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	124.	141.	135.	99.	73.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	124.	141.	136.	99.	73.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	124.	141.	136.	99.	73.

***** TIME 2.500 ***** INCREMENT NUMBER 43 *****

FIRE TEMPERATURE 21. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 57													
121.	151.	159.	165.	159.	116.	104.	100.	94.	82.	74.	66.	54.	46.
123.	154.	162.	170.	164.	140.	112.	106.	101.	88.	80.	71.	57.	48.
120.	151.	160.	169.	167.	148.	131.	120.	114.	109.	96.	84.	66.	54.
114.	138.	148.	156.	155.	140.	126.	118.	114.	112.	106.	92.	72.	57.
106.	114.	120.	125.	125.	115.	112.	109.	105.	105.	111.	102.	77.	61.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	105.	114.	112.	86.	67.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	107.	115.	114.	93.	72.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	109.	117.	116.	97.	75.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	109.	119.	118.	98.	76.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	109.	119.	118.	99.	77.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	109.	119.	118.	99.	77.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	109.	120.	119.	99.	77.

FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

Tabelle IV, 7, b

F
F MAXIMAL TEMPERATURES

F VERSUCH 5 RAUM 1

F XMAX= .500 YMAX= .500

F	816.	405.	244.	180.	162.	116.	104.	100.	94.	82.	74.	66.	54.	46.
F	816.	407.	260.	201.	179.	140.	112.	106.	101.	88.	80.	71.	57.	48.
F	817.	444.	344.	281.	243.	205.	198.	195.	183.	138.	103.	84.	66.	54.
F	829.	557.	440.	365.	341.	338.	338.	338.	339.	265.	154.	95.	72.	57.
F	1310.	774.	937.	931.	932.	932.	933.	927.	949.	829.	221.	110.	77.	61.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	944.	295.	146.	86.	67.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	922.	297.	160.	93.	72.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	926.	297.	163.	98.	75.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	926.	297.	163.	99.	76.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	926.	297.	163.	100.	77.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	926.	297.	163.	100.	77.
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	926.	297.	163.	100.	77.

F
F
F MAX-TIME 2.50 NUMBER OF TIME INCREMENTS 43

F
F
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF

Neue Bezeichnung: INSTITUT FÜR BAUSTOFFE, MASSIVBAU UND BRANDSCHUTZ

INSTITUT FÜR BAUSTOFFKUNDE UND STAHLBETONBAU

DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

DIREKTOREN: PROF. DR.-ING. K. KORDINA · PROF. DR.-ING. F. S. ROSTASY

zu 50-0012

30-0012/001

Möglichkeiten einer nachträglichen Beurteilung der in einem Betonbauteil während eines Schadenfeuers aufgetretenen Temperaturen

K u r z b e r i c h t

Dezember 1980

Die Arbeiten wurden im Auftrage des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Az. B I 7 - 81 07 O 5-273) durchgeführt.

Im Interesse der Erhaltung wertvoller Bausubstanz - sowohl für deren Eigentümer wie auch für die Allgemeinheit - ist es erforderlich, nicht nur einen optimalen Brandschutz anzustreben, sondern auch nach einem Schadenfeuer den Erhaltungszustand und die mögliche Wiederverwendbarkeit des betroffenen Gebäudes oder seiner Teile sorgfältig zu untersuchen und zu beurteilen, um danach unter Umständen weitreichende Entscheidungen zu treffen.

Selbstverständlich geht bei solcher Beurteilung immer Sicherheit vor Wirtschaftlichkeit, und es ist verständlich, daß Bauaufsicht oder beratende Ingenieure manchmal übervorsichtig vorgehen oder sich gar außerstande sehen, eine Konstruktion als wiederverwendbar - ggf. nach Sanierung - zu erklären, da ihnen Beurteilungskriterien fehlen.

Die vorgelegte Forschungsarbeit soll Unterlagen liefern, mit denen eine Abschätzung der Erwärmung möglich ist, der ein Stahlbeton- oder Spannbetonbauteil während eines Schadenfeuers unterworfen wurde.

Nach einem Feuer, dem die Rohbaukonstruktion so gut standgehalten hat, daß eine Wiederverwendbarkeit möglich scheint, sollte die Brandstelle zur "Spurensicherung", sobald das ohne Gefahr möglich ist, besichtigt werden. Wertvolle Indizien, die zur Ermittlung der Brandintensität mit herangezogen werden können, werden i.a. bei den

Postsendungen:
Beethovenstraße 52, 3300 Braunschweig
Erfüllungsort und Gerichtsstand Braunschweig

Fernsprecher: (05 31) 391 22 81

Fernschreiber: 9 52 698 lbstb d
Telegrammadresse: MPA Braunschweig

Zur Vermeidung von Verzögerungen wird dringend gebeten, Zuschriften nur an das Institut zu richten, nicht aber an einzelne Mitarbeiter.

Aufräumungsarbeiten beseitigt. Vorher aber läßt sich häufig durch Augenschein schon eine grobe Abschätzung vornehmen. Stets muß man sich dabei bewußt sein, daß erst die Summe der beobachteten Phänomene - zusammen mit entsprechenden Überlegungen und ggf. rechnerischen Untersuchungen - zu einer sicheren Beurteilung führen kann.

Bei vergleichsweise geringer Wärmebeaufschlagung, d.h. auch geringer Schädigung der Konstruktion, wird häufig schon der vorgelegte "Indizienkatalog" ausreichen, ggf. ergänzt durch einige Festigkeitsproben mittels Schmidthammer an der Konstruktion, ein Bauwerk zur Wiederverwendung freizugeben.

In Zweifelsfällen oder wenn die Indizien höhere Brandbeanspruchung und damit größere Schäden signalisieren, müssen intensivere Untersuchungen folgen.

Dazu werden im zweiten Hauptteil der Arbeit auf der Grundlage zweier Versuchsreihen - Metz und Lehrte -, welche Temperatur-Zeitverläufe in Brandräumen bei Abbrand von Holzkrippen oder Mobiliar lieferten, Temperaturfelder zusammengestellt für quadratische Betonquerschnitte (Stützen) bei vierseitigem Brandangriff und für Rechteck- und Plattenbalkenquerschnitte bei dreiseitigem Brandangriff. Es wird Normalbeton mit quarzitischen Zuschlägen unterstellt.

Die bei den Versuchen zur Verfügung stehenden Brandräume hatten etwa die Größe von normalen Wohnräumen. Da bis heute keine Untersuchungen darüber vorliegen, bis zu welchen Brandraumgrößen etwa gleiche Temperaturentwicklung bei sonst vergleichbaren Verhältnissen (Brandlast, Ventilation) vorausgesetzt werden darf, muß bei der Beurteilung von Brandraumtemperaturen in großen Räumen besondere Vorsicht walten. Bei Räumen, die größer als etwa 500 m^3 sind, kann der Gebrauch der angebotenen Brandraumtemperaturen vorläufig nicht empfohlen werden.

Es stellte sich heraus, daß bei vergleichbarer Brandraumgröße, gleicher Brandlast und etwa gleichen Ventilationsbedingungen, aber unterschiedlichen thermischen Eigenschaften der Umschließungsbau-

teile beträchtliche Unterschiede in der Temperaturentwicklung im Brandraum wie auch in den Betonquerschnitten auftraten. Daher wird empfohlen, in Zweifelsfällen die Resultate, welche die strengere Beanspruchung ergeben (Grundlage Metz), zu verwenden.

Sowohl in Metz wie auch in Lehrte ergab die Ventilationsbedingung

$$A_F/A_W = 0,25$$

(A_F - Öffnungsfläche in der Frontseite der Brandkammer,

A_W - Gesamtfläche der Frontseite der Brandkammer)

die schärfsten Beanspruchungen.

Zur Entscheidungshilfe für die Gesamtbeurteilung werden der Arbeit kurzgefaßte Informationen über bleibende Veränderungen der Baustoffe und Bauteile infolge Temperatureinwirkung angefügt.